

## 相模湾の気象・海象その2

著者	渡部 勲, 藤縄 幸雄, 岩田 静夫, 石戸谷 博範, 磯崎 一郎
雑誌名	防災科学技術研究所 研究資料
号	177
ページ	1-179
発行年	1997-02
URL	<a href="http://doi.org/10.24732/nied.00001791">http://doi.org/10.24732/nied.00001791</a>

## 相模湾の気象・海象（その2）

渡部 勲\*・藤縄幸雄\*\*・岩田静夫\*\*\*・  
石戸谷博範\*\*\*・磯崎一郎\*\*\*\*

### Oceanographical and Meteorological Structures of Sagami Bay (Part 2)

By

Isao WATABE\*, Yukio FUJINAWA\*\*, Shizuo IWATA\*\*\*,  
Hironori ISHIDOYA\*\*\* and Ichiro ISOZAKI\*\*\*\*

\*. \*\* *National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*

\*\*\* *Fisheries Research Institute of Kanagawa Prefecture*

\*\*\*\* *Japan Weather Association*

#### Abstract

An extensive observation concerning the air-sea interaction has been conducted for about 30 years since 1965 at a large marine observation tower off Hiratsuka City in Sagami Bay, southwest of Tokyo.

Meteorological and oceanographical data obtained at the tower as well as in and around Sagami Bay are here used to provide an image of the meteorological and oceanographical features of the bay with large extent of variability. These data are expected to be useful both in the field of coastal disaster prevention and environmental researches. The present volume describes, wind waves, surge and abnormal tide, tsunami, marine environment and coastal disasters.

**Key Words :** 気象・海象 (Oceanographical and Meteorological Features), 相模湾 (Sagami Bay), 高潮 (surge), 異常波浪 (abnormal tide), 津波 (tsunami)

---

\*防災科学技術研究所 気圏・水圏地球科学研究部主任研究官 \*\*特別研究官

\*\*\*神奈川県水産総合研究所 \*\*\*\*日本気象協会

## まえがき

相模湾においては、防災科学技術研究所の平塚海洋観測塔における気象・海象データ、神奈川県水産総合研究所の海洋観測データ、及び気象官署の湾内の海洋・気象データが長期にわたり蓄積されてきている。本資料は、これらのデータを用いて外洋に面し変動に富む相模湾の気象・海象特性を明らかにするために、平成6年、7年の2ケ年間の計画でまとめた。

第1部で取り扱った主な項目は、平塚沖波浪等観測塔の風、相模湾周辺の気候、相模湾の潮汐、相模湾の急潮現象であった（防災科学技術研究所研究資料第170号）。第2部で取り扱う内容は以下の通りである。

1. 波浪特性
2. 高潮と異常潮位
3. 相模湾の津波
4. 相模湾の海洋環境
5. 気象海象と災害

最後に本調査に際し、ご協力を賜った「相模湾の気象・海象調査に関する委員会」の永田 豊委員長、各委員及び日本気象協会の方々に厚く御礼申し上げるものであります。

平成8年8月

渡部 勲・藤縄 幸雄

平成 7 年 度

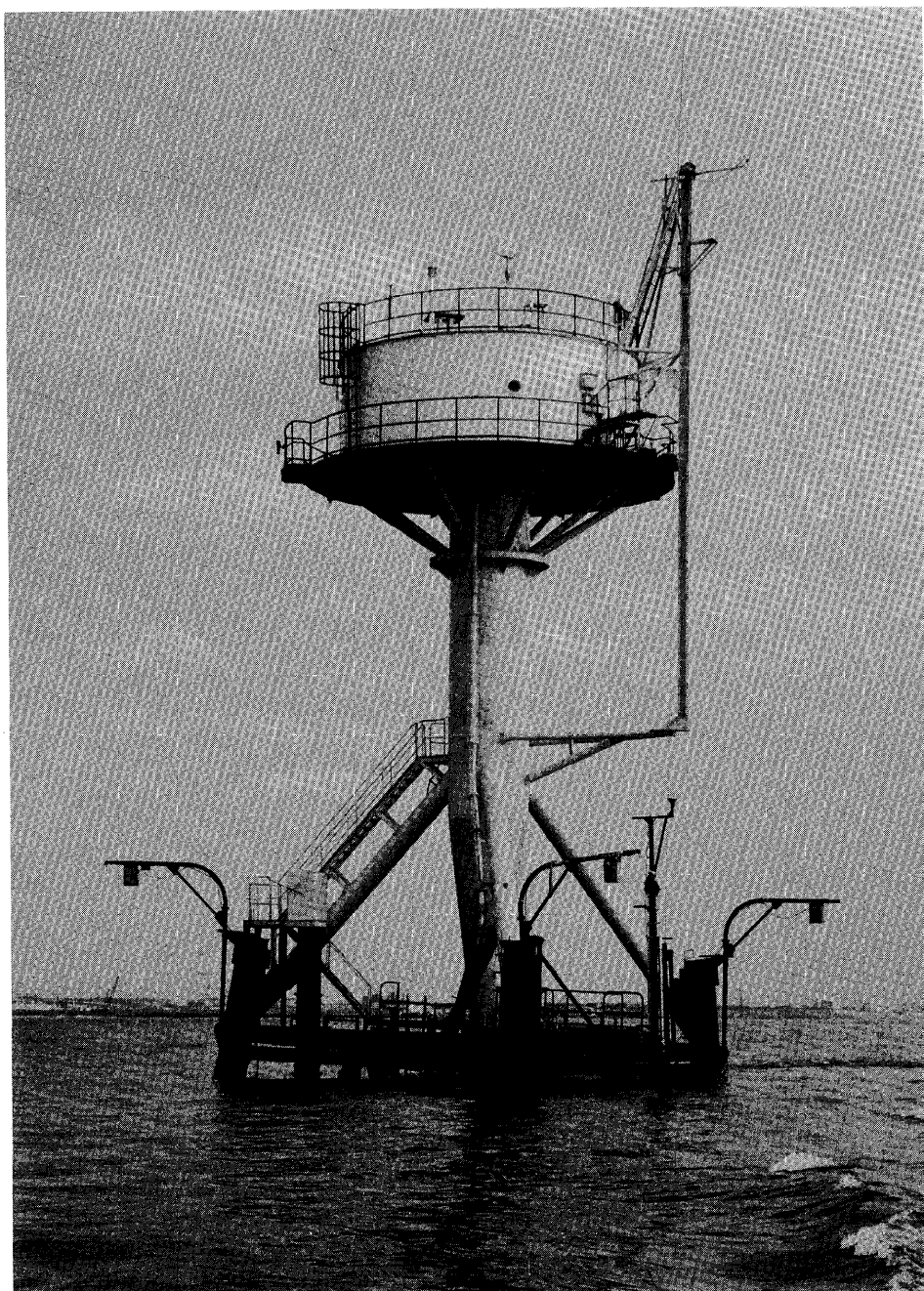
「相模湾の気象・海象調査」に関する委員会

委員 名 簿

（敬称略、順不同）

委員長	永田 豊	三重大学生物資源学部	教 授
委員	都司嘉宣	東京大学地震研究所	助 教 授
〃	岩田静夫	神奈川県水産総合研究所	専 門 研 究 員
〃	石戸谷博範	〃 水産総合研究所相模湾試験場	主 任 研 究 員
〃	藤縄幸雄	科学技術庁防災科学技術研究所	特 別 研 究 官
〃	渡部 勲	〃	主 任 研 究 官
〃	磯崎一郎	（財）日本気象協会調査部	主 任 技 師
〃	市川雅史	〃	海 洋 調 査 課 長
〃	高木広道	〃	主 任 技 師
事務局	辻 武雄	（財）日本気象協会調査部	調 査 役
〃	竹内聖雄	〃 事業部	調 査 役





## 相模湾の気象・海象調査報告書 （その2）

### 目 次

第6章 波浪特性 .....	1
6.1 波高の季節変化 .....	3
6.2 波高の経年変化 .....	3
6.3 波高・周期別出現頻度と未超過確率、再現期待値 .....	6
6.4 高波の発生 .....	19
6.5 顕著高波の事例 .....	32
6.6 モデル台風による高波の推算 .....	50
第7章 高潮と異常潮位 .....	60
7.1 相模湾周辺における高潮の記録 .....	60
7.2 相模湾の副振動 .....	82
7.3 サーフ・ビート .....	88
7.4 相模湾の異常潮位 .....	96
第8章 相模湾の津波 .....	99
8.1 相模湾を襲う津波の発生源 .....	99
8.2 相模湾津波史 .....	113
8.3 総 括 .....	131
第9章 相模湾の海洋環境 .....	134
9.1 自然条件 .....	134
9.2 水温・塩分 .....	137
9.3 海潮流 .....	145
9.4 海洋汚染 .....	153
第10章 気象・海象と災害 .....	156
10.1 調査内容 .....	156
10.2 調査結果 .....	156

（付）相模湾の海洋環境に関する文献



## 第6章 波浪特性

波浪の観測で得られる波はいわゆる不規則波で、波高や周期が1波ごとに異なっている。これを簡単に表すのにはいくつかの方法があるが、最もよく用いられるのは有義波（significant wave）である。海面のある一点をある時間内（普通20分間）に通過した波の観測値を高い方から1/3個選んで平均したものを有義波または1/3最大波と呼び、波高を $H_s$ または $H_{1/3}$ 、周期を $T_s$ または $T_{1/3}$ で表す。したがって有義波の波高は、小さい波まで含めた全観測波の算術平均値よりも大きい値となっている。同様に、海面のある一点をある時間内に通過した波のうち、大きい方から1/10個選んで平均したものを1/10最大波、すべての波を平均したものを平均波、最も大きい波を最高波と呼び、波高、周期をそれぞれ $H_{1/10}$ 、 $T_{1/10}$ 、 $H_{mean}$ 、 $T_{mean}$ 、 $H_{max}$ 、 $T_{max}$ で表す。

図6-1は平塚沖波浪観測塔における1991年の1年間の観測値を用いた有義波高と1/10最大波高および最高波高との散布図であり、表6-1は有義波高を1.0としたときの他の波高の比率を理論値（Longuet-Higgins, 1952\*）と観測値について比較したものである。観測値は理論値とよく一致していることがわかる。

表6-1 波高比の理論値と観測値の比較

波 高 の 種 類		比 率	
		理論値	観測値
平均波高	$H_{mean}$	0.63	—
1/10最大波高	$H_{1/10}$	1.27	1.27
最高波高	$H_{max}$	1.65	1.70

注：最高波高の波高比の理論値は波数が200の場合である。

平塚沖における波浪（波高・周期）の資料は、サンプリング間隔0.3秒で毎正時をはさむ20分間の4096個のデータをゼロアップ・クロス法により求めたものである。解析に用いる波は有義波であり、資料の期間は1979～1993年の15年である。

\* Longuet-Higgins, M.S. (1952): On the statistical distributions of the heights of sea waves. Jour. Marine Res., Vol. IX, No. 3, pp. 245-266.

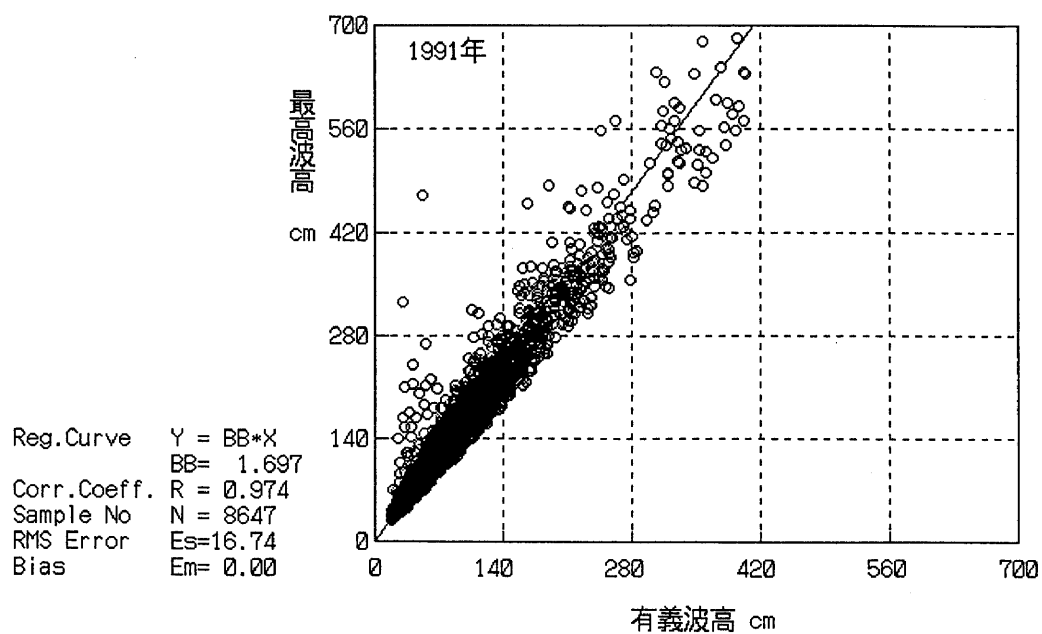
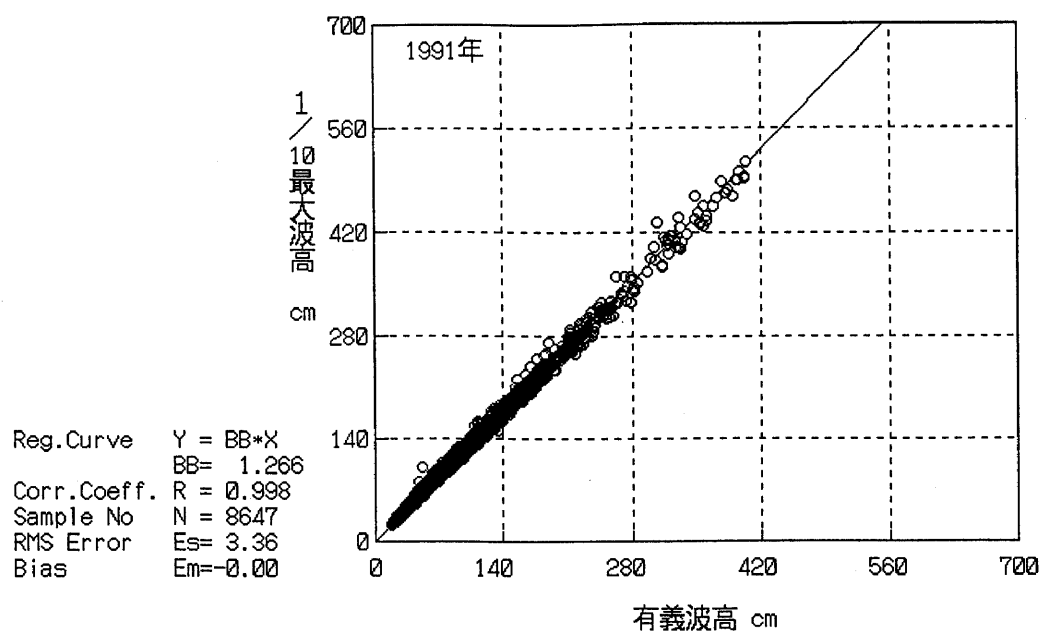


図6-1 有義波高と1/10最大波高および最高波高との関係  
統計期間：1991年の1年

### 6.1 波高の季節変化

表6.1-1は月平均有義波高の累年平均値であり、これを図示したのが図6.1-1である。季節変化をみると暖候期に高く、寒候期に低い傾向がみられる。波浪観測地点は平塚市の沖合い1 kmの地点に位置し北側が陸地であるため、冬の季節風による波は高くない。最大は8月の78cmで4月の67cmがこれに次いでおり、最小は11～1月の54cmで、年較差は24cmである。

### 6.2 波高の経年変化

表6.2-1は各年の季節平均有義波高である。ここで冬とは前年12月から当年2月までの3か月、春は3～5月、夏は6～8月、秋は9～11月とした。図6.2-1には冬、夏および年についての平均有義波高の経年変化を示す。

図によれば、各年とも冬は夏より低めに推移している。これは、波浪観測地点は平塚市の沖合い1 kmの地点に位置しているため、冬の季節風による波は発達しにくいためである。冬をみると、1993年の69cmが最も高く、1987年の68cmがこれに次いでいる。波が低かったのは1982年と1984年で41cmである。1993年と1987年の冬は、冬型の気圧配置が長続きせず本州付近を低気圧が通ることが多かった。この低気圧の通過により高波が発達したものと考えられる。実際平塚沖では、1992年12月と1993年2月および1987年1月と2月には2 m前後の高波がそれぞれ4回ずつ発生している。

夏は1990年の75cmが最も高く、1993年の74cmがこれに次いでいる。波が低かったのは1980年の53cm、1981年の57cmなどで、全体的に2～3年の周期がみられる。

冬と夏の経年変化をみると、冬の方が変動が大きい。これは上述したように、冬の高波は、冬型の気圧配置が持続しないため本州付近を通る低気圧が多いことに起因するためと考えられる。年の経年変化をみると、年平均有義波高は漸増の傾向にある。

表6.1-1 月平均有義波高

単位：c m

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
1979	57.1	61.5	49.2	77.2	68.5	73.0	60.9	68.0	53.1	59.5	60.0	41.2	60.9
1980	62.5	56.5	50.3	75.7	73.3	51.4	59.0	*	62.0	56.8	37.2	54.6	57.6
1981	47.4	37.4	57.4	51.1	45.7	51.4	57.5	62.6	53.4	66.1	38.9	35.9	50.3
1982	46.9	41.0	67.1	62.0	62.5	63.1	69.2	*	*	*	51.1	48.2	57.8
1983	47.5	64.4	*	72.0	60.2	56.1	55.4	80.6	46.4	41.8	53.4	46.5	56.3
1984	38.5	38.5	45.9	47.0	69.8	73.8	56.4	80.7	52.8	58.9	38.2	51.8	54.4
1985	36.2	67.1	59.1	60.8	60.3	61.1	75.4	78.9	43.9	53.0	59.8	50.8	58.8
1986	57.2	39.8	48.6	72.0	66.9	51.3	61.9	73.6	68.8	43.3	38.2	54.8	56.6
1987	74.7	74.7	73.2	56.7	63.1	58.1	83.6	70.0	74.9	64.5	52.6	55.0	66.9
1988	*	57.4	64.5	80.8	57.3	68.2	50.2	75.4	60.8	50.3	59.0	47.9	60.8
1989	56.5	61.4	66.3	79.0	59.1	52.8	64.0	74.3	74.9	67.5	58.6	45.4	63.4
1990	64.1	54.9	60.8	74.6	59.7	69.6	53.7	100.5	72.1	51.6	61.2	66.2	65.8
1991	57.0	64.8	63.6	57.1	60.0	64.2	74.1	76.1	98.7	65.9	66.8	64.2	67.7
1992	53.1	54.5	59.5	74.3	64.0	51.8	56.8	89.3	77.6	57.5	72.3	78.2	65.5
1993	52.5	79.6	54.6	68.3	62.1	65.9	67.5	88.2	*	66.0	60.8	63.5	66.1
累年平均	53.7	56.9	58.6	67.3	62.2	60.8	63.0	78.3	64.6	57.3	53.9	53.6	60.6

\* は欠測

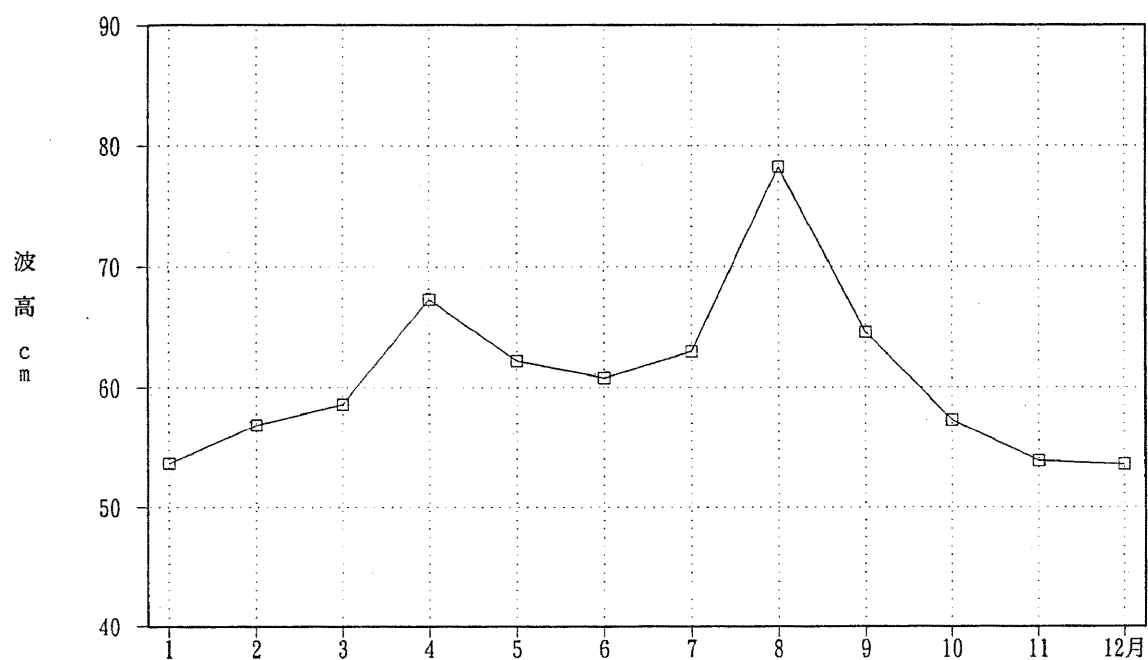


図6.1-1 月平均有義波高の季節変化、統計期間：1979～1993年の15年

表6.2-1 季節平均有義波高

単位：cm

年	冬	春	夏	秋	年
1980	53.5	66.2	53.4	50.9	56.4
1981	46.7	51.3	57.0	52.9	51.9
1982	41.1	63.9	67.4	*	56.3
1983	53.1	62.4	63.9	47.2	56.4
1984	41.2	54.4	70.0	50.0	53.9
1985	50.8	60.1	71.9	52.1	58.9
1986	49.2	63.1	62.6	50.1	56.2
1987	67.7	64.5	70.6	64.0	66.7
1988	56.3	66.9	64.4	56.6	61.6
1989	55.0	68.0	63.8	67.0	63.5
1990	54.6	65.0	74.6	61.3	64.0
1991	62.5	60.2	71.5	77.0	67.9
1992	57.3	66.0	66.0	68.8	64.5
1993	69.2	61.6	74.0	63.4	67.3

\* は欠測

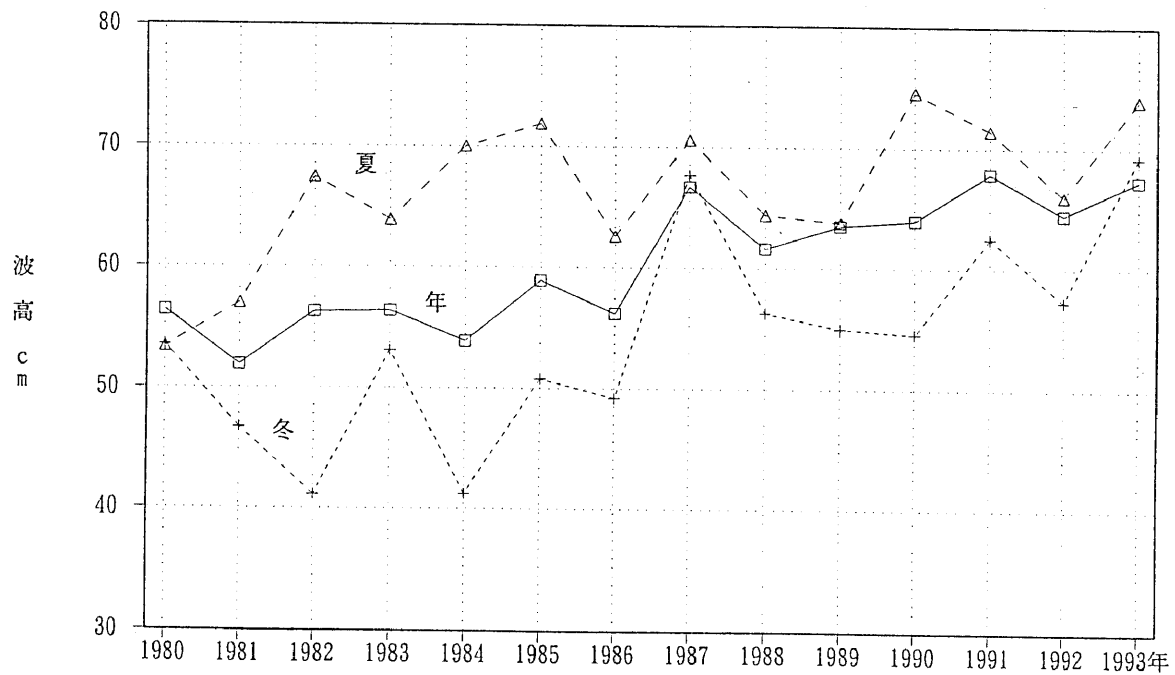


図6.2-1 冬、夏および年平均有義波高の経年変化  
統計期間：1979.12～1993.11の14年



### 6.3 波高・周期別出現頻度と未超過確率、再現期待値

#### 6.3.1 波高・周期別出現頻度

図6.3-1(a)～(b)、図6.3-2(a)～(b)はそれぞれ有義波の波高と周期の頻度分布であり、表6.3-1(a)～(e)は波高別周期別出現頻度表である。

図によれば、夏は波高50～100cmの波が最も多いが、その他の季節は波高50cm未満が最も多い。波高1 m未満の頻度は冬89%、春87%、夏85%、秋88%で各季節とも85%以上が1 m未満である。波高2 m以上の頻度は冬0.8%、春1.1%、夏1.4%、秋1.3%で夏と秋に比較的多いが季節による差異は小さい。

周期は各季節とも6～8秒が最も多い。これに周期4～6秒を加えると冬85%、春79%、夏76%、秋70%で各季節とも70%以上が周期4～8秒である。周期10秒以上の頻度は冬1.0%、春1.1%、夏5.6%、秋9.0%で秋と夏に多く、これらの季節にはうねり性の波浪の相模湾への進入が顕著になることを示している。

相模湾の気象・海象（その2）－渡部ほか

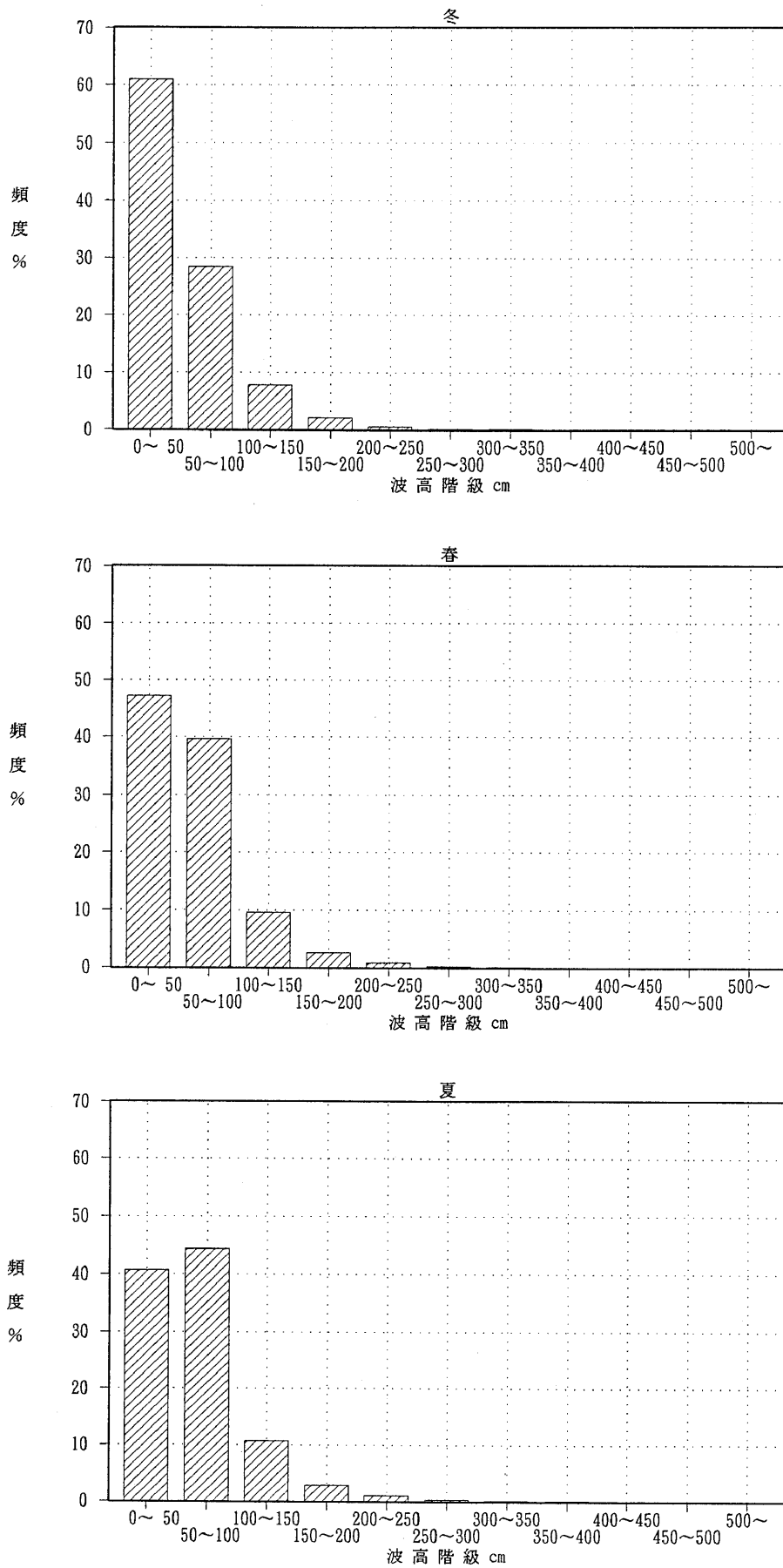


図6.3-1(a) 有義波高の頻度分布、冬、春、夏  
統計期間：1979.12～1993.11の14年

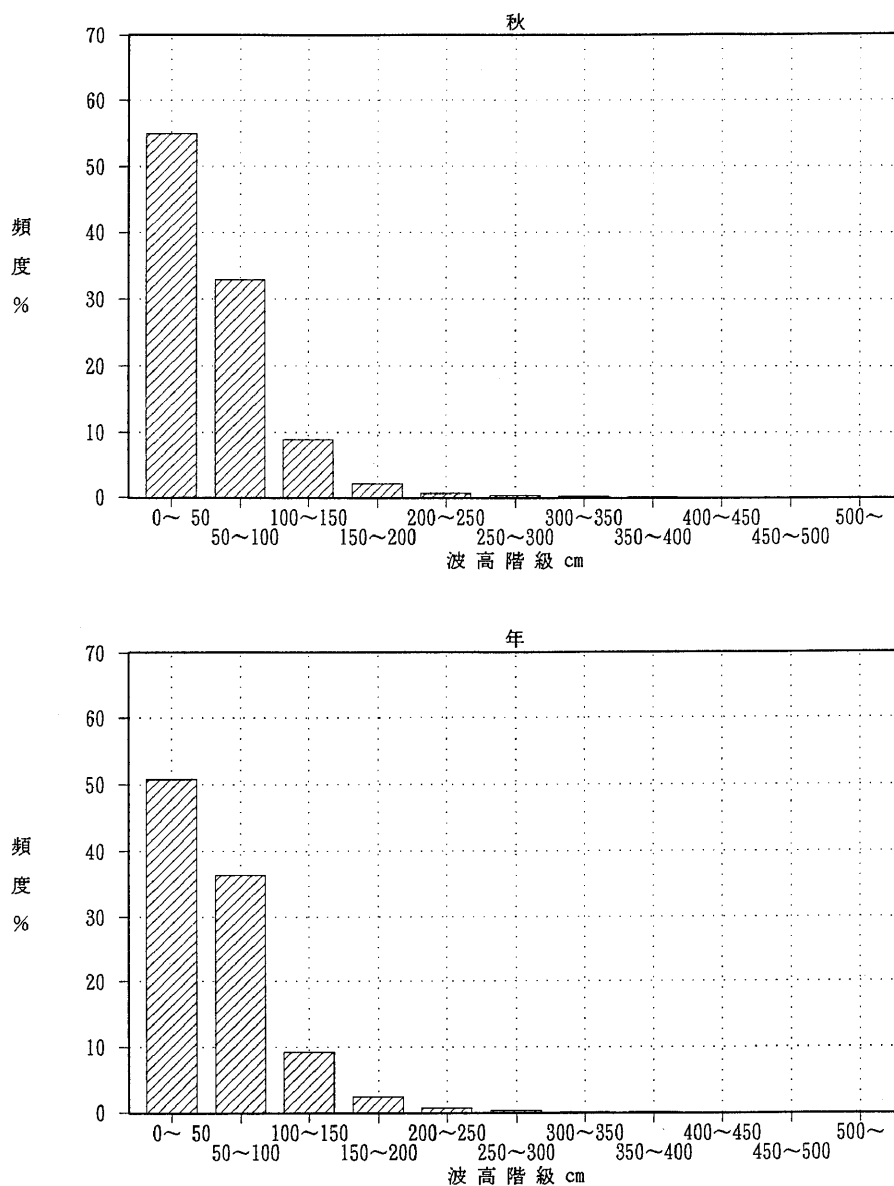


図6.3-1(b) 有義波高の頻度分布、秋、年  
統計期間：1979.12～1993.11の14年

相模湾の気象・海象（その2）－渡部ほか

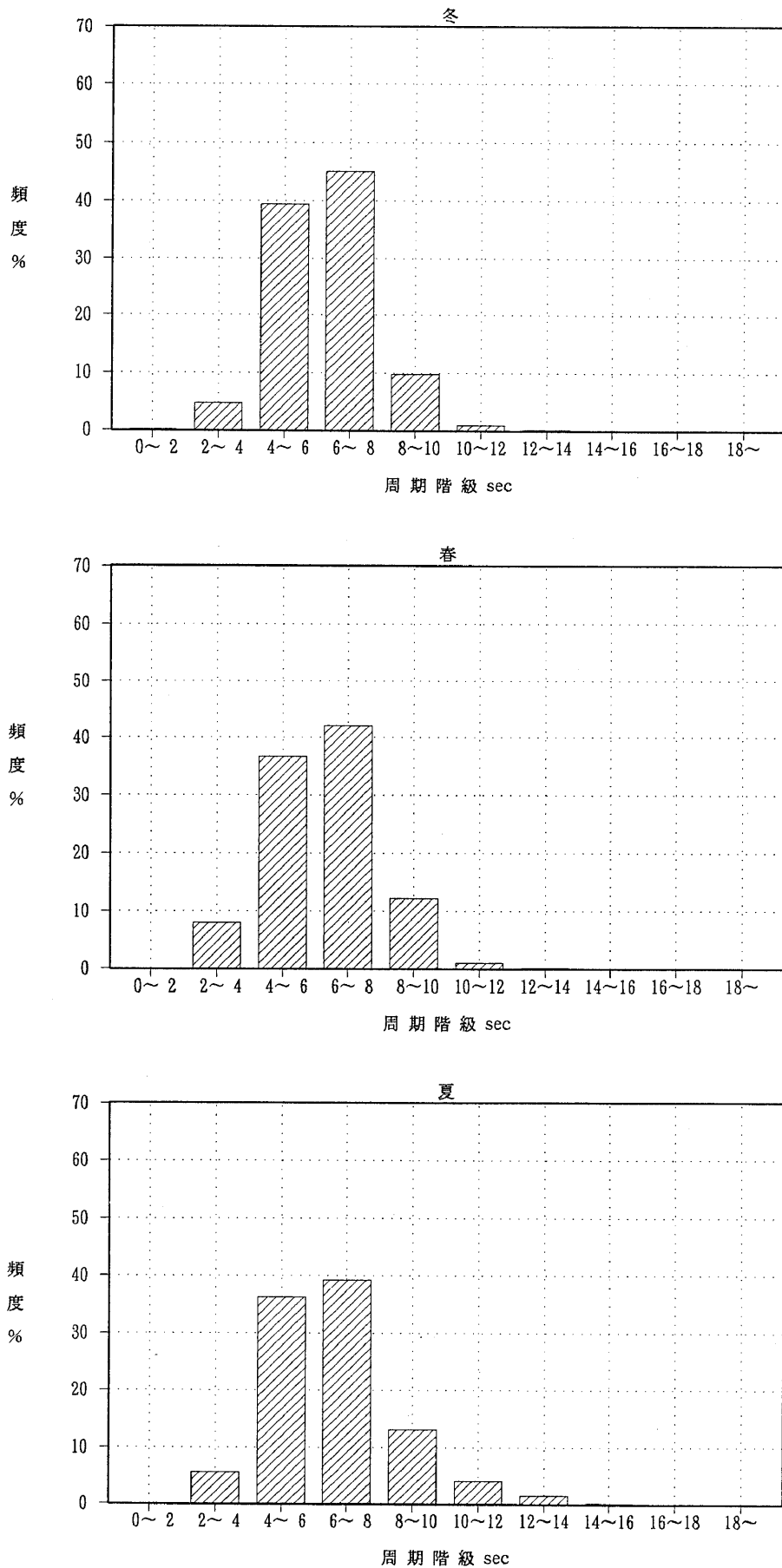


図6.3-2(a) 有義波周期の頻度分布、冬、春、夏  
統計期間：1979.12～1993.11の14年

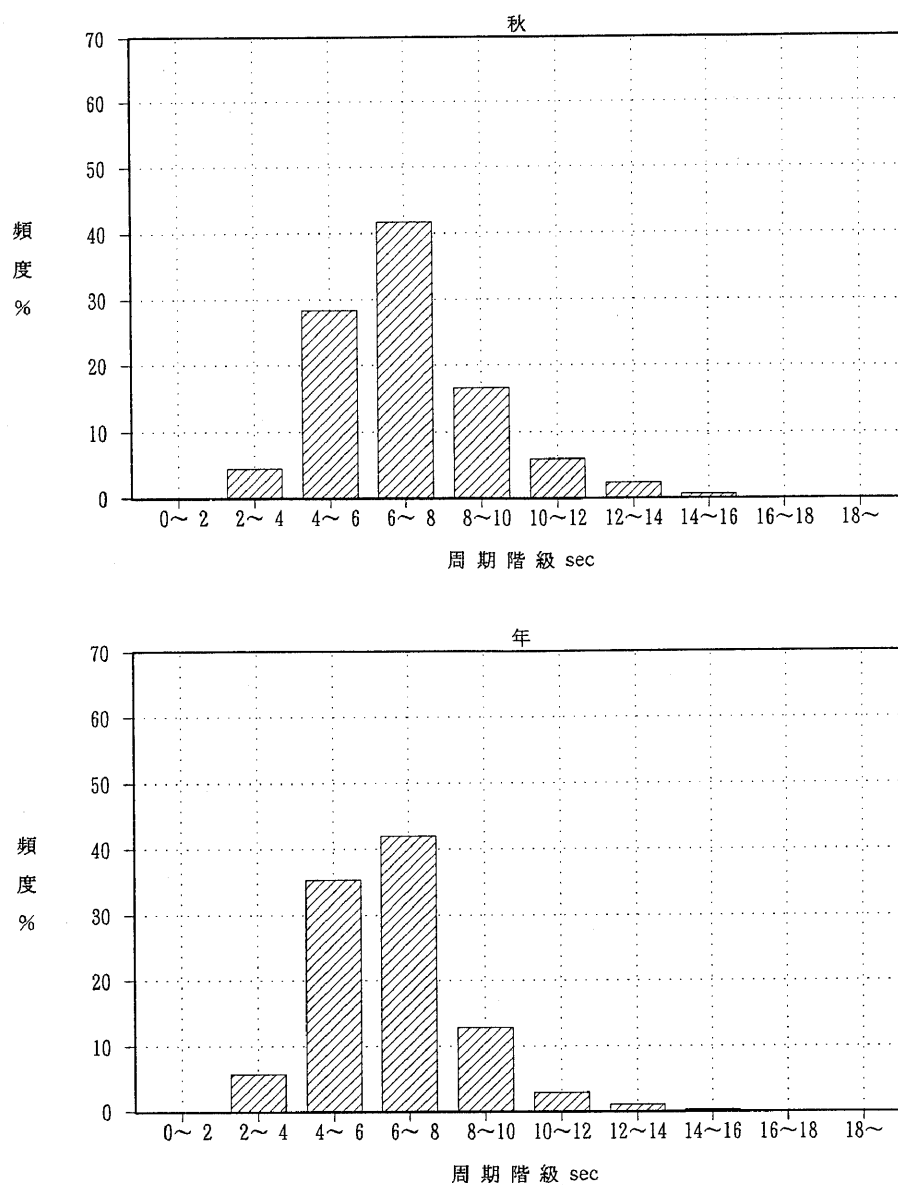


図6.3-2(b) 有義波周期の頻度分布、秋、年  
統計期間：1979.12～1993.11の14年

表6.3-1(a) 有義波高の波高別周期別出現頻度表、冬

地 点：平 塚 沖		冬 計															
波高 (cm)	周期 (sec)	3.1 ~ 4.0	4.1 ~ 5.0	5.1 ~ 6.0	6.1 ~ 7.0	7.1 ~ 8.0	8.1 ~ 9.0	9.1 ~ 10.0	10.1 ~ 11.0	11.1 ~ 12.0	12.1 ~ 13.0	13.1 ~ 14.0	14.1 ~ 15.0	15.1 ~ 16.0	16.1 ~	合 計	累 計
0 ~ 24	94	286	685	1451	917	187	10	3	0	0	0	0	0	0	0	3633	3633
25 ~ 49	102	512	1486	3295	4834	2472	691	152	18	3	0	0	0	0	0	12.9	12.9
50 ~ 74	2	176	663	1109	1485	1119	651	201	67	19	3	4	0	0	0	48.1	61.0
75 ~ 99	0	123	519	503	499	374	314	133	40	7	0	0	0	0	0	19.5	80.4
100 ~ 124	0	24	369	368	191	146	131	96	36	9	10	7	0	0	0	8.9	89.3
125 ~ 149	0	1	166	257	125	80	90	63	13	2	1	3	0	0	0	4.9	94.3
150 ~ 174	0	0	0.6	0.9	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	97.1
175 ~ 199	0	0	0.1	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.06	278.03
200 ~ 224	0	0	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	98.5
225 ~ 249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191	27994
250 ~ 274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	99.2
275 ~ 299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	28104
300 ~ 324	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	99.6
325 ~ 349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	28144
350 ~ 374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	99.8
375 ~ 399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	28169
400 ~ 424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	99.8
425 ~ 449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	28186
450 ~ 474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	99.9
475 ~ 499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	28198
500 ~ 524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	99.9
525 ~ 549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	28207
550 ~ 574	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0
575 ~ 599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	28210
600 ~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0
合計	198	1122	3917	7205	8243	4488	2010	752	204	45	16	14	0	0	0	28213	28213
上段：回数 (回)	0.7	4.0	13.9	25.5	29.2	15.9	7.1	2.7	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
下段：頻度 (%)																	
統計期間：1979.12～1993.11の14年																	

統計期間：1979.12～1993.11の14年

表6.3-1(b) 有義波高の波高別周期別出現頻度表、春

地 点：平 塚 沖		波 高 (cm)																合 計	累 計										
周期(sec)	波高(cm)	3.0	3.1	4.0	5.0	5.1	6.1	7.1	8.0	8.1	9.0	9.1	10.0	10.1	11.0	11.1	12.0	12.1	13.0	13.1	14.0	14.1	15.0	15.1	16.0	16.1	合 計	累 計	
0 ~ 24	0 ~ 24	37	138	305	469	318	116	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1407	1407	
	25 ~ 49	137	973	1989	2984	3633	2169	607	87	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12592	13999	
	50 ~ 74	10	748	1155	1253	1758	1786	933	247	73	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7984	21983	
	75 ~ 99	0	288	789	537	577	819	481	189	62	31	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.9	73.9	
	100 ~ 124	0	33	457	281	214	375	303	132	17	18	5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1843	27608	
125 ~ 149	125 ~ 149	0	3	189	246	147	145	130	112	21	10	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1011	28619	
	150 ~ 174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.4	96.3	
	175 ~ 199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	479	29098	
	200 ~ 224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	97.9	
	225 ~ 249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	299	29397	
250 ~ 274	250 ~ 274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	98.9
	275 ~ 299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	29550	
	300 ~ 324	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	99.4	
	325 ~ 349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	29629	
	350 ~ 374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	99.7	
375 ~ 399	375 ~ 399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	29680	
	400 ~ 424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	99.8	
	425 ~ 449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	29699	
	450 ~ 474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	99.9	
	475 ~ 499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	29714	
500 ~ 524	500 ~ 524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	100.0	
	525 ~ 549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	29718	
	550 ~ 574	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0	
	575 ~ 599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	29722	
	600 ~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	29726	
500 ~ 524	500 ~ 524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29726
	525 ~ 549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0
	550 ~ 574	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29727
	575 ~ 599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0
	600 ~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29727
合 計	回数 (回)	184	2183	4920	5999	6908	5600	2703	883	216	91	21	5	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29727	29727	
	上段：回数 (回)、下段：頻度 (%)	0.6	7.3	16.6	20.2	23.2	18.8	9.1	3.0	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	

統計期間：1979.12～1993.11の14年

統計期間：1979.12~1993.11の14年

表6.3-1(c) 有義波高の波高別周期別出現頻度表、夏

地点：平塚沖		統計期間：1979.12～1993.11の14年																夏 計	
波高(cm)	周期(sec)	3.0～	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.1～	合 計	累 計	
0～ 24	19	55	206	273	212	68	17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	851	851	
		0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	
		675	1826	3116	1888	578	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10832	11683	
25～ 49	19	2.4	6.4	9.1	10.8	6.6	2.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.7	40.7	
		538	1189	1584	1589	869	382	123	30	0	0	0	0	0	0	0	8227	19910	
		0.0	1.9	4.1	5.5	6.7	5.5	3.0	1.3	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.6	69.3	
50～ 74	0	271	943	666	737	729	557	337	141	102	35	2	0	0	0	0	4520	24430	
		0.0	0.9	3.3	2.6	2.5	1.9	1.2	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	85.1	
		36	335	370	273	272	280	175	111	129	57	28	0	0	0	0	2066	26496	
100～ 124	0	0.1	1.2	1.3	1.0	0.9	0.6	0.4	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	92.2	
		2	96	180	111	107	137	133	60	94	54	9	2	1	0	0	986	27482	
		0.0	0.3	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	95.7	
125～ 149	0	0	17	77	65	54	51	69	68	63	13	2	2	2	2	1	544	28026	
		0.0	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	97.6	
		0	0	0	45	38	22	12	14	31	49	44	22	6	2	1	286	28312	
150～ 174	0	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	1.0	98.6	
		0	0	0	19	18	11	3	3	21	37	22	22	6	1	0	163	28475	
		0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	99.1	
200～ 224	0	0	0	0	0	0	6	7	15	20	17	20	11	0	0	0	112	28587	
		0	0	0	4	10	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	99.5	
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	28635	
225～ 249	0	0	0	0	0	0	8	2	4	3	4	11	10	6	0	0	48	28672	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	99.7	
		0	0	0	3	9	7	2	4	4	5	3	1	3	0	0	37	28672	
250～ 274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	99.8	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	28686	
		0	0	0	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	99.9	
300～ 324	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	99.9	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	28695	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	99.9	
325～ 349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	99.9	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	28706	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	99.9	
350～ 374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	99.9	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	28715	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
375～ 399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	28719	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
400～ 424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	28720	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
425～ 449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	28721	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
450～ 474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	28722	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
475～ 499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	100.0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
500～ 524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
525～ 549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
550～ 574	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
575～ 599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
600～	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合 計	41	1577	4612	5828	6500	4772	2536	1223	604	543	313	128	37	0.1	0.0	0.0	28723	28723	
上段：回数(回)、下段：頻度(%)	0.1	5.5	16.1	20.3	22.6	16.6	8.8	4.3	2.1	1.9	1.1	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	



表6.3-1(d) 有義波高の波高別周期別出現頻度表、秋

地 点：平 塚 沖		秋 計																	
波高(cm)	周期(sec)	3.0	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.1	14.1	15.1	16.1	合 計	累 計	
0	0.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	0	0	2539	
0	24	34	152	438	931	740	209	26	7	0	2	0	0	0	0	0	9.4	2539	
25	49	70	538	1187	2348	3712	2856	1178	356	80	13	2	3	0	0	0	12343	14882	
50	74	6	257	481	700	1153	1257	975	686	383	127	20	2	0	0	0	6047	20929	
75	99	1	110	347	358	345	395	337	315	270	226	89	25	2	0	0	22.3	77.3	
100	124	0	0.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.0	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	2820	23749	
125	149	0	0	0.3	0.6	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	384	26535	
150	174	0	0	0	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	1.4	98.1	
175	199	0	0	0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.7	98.7	
200	224	0	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11	26815	
225	249	0	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	99.1	
250	274	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	15	26885	
275	299	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	99.4	
300	324	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59	26944	
325	349	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	99.6	
350	374	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29	26973	
375	399	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	99.7	
400	424	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35	27008	
425	449	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	99.8	
450	474	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23	27031	
475	499	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	99.9	
500	524	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8	27054	
525	549	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4	27058
550	574	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	27058
575	599	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	27059	
600		0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	100.0	
合 計		111	1086	2788	4871	6304	4980	2864	1636	952	642	423	238	107	47	11	27060	27060	
上段：回数(回)、下段：頻度(%)																			
統計期間：1979.12～1993.11の14年																			

統計期間：1979.12~1993.11の14年

上段：回数(回)、下段：頻度(%)

表6.3-1(e) 有義波高の波高別周期別出現頻度表、年

地 点：平 塚 沖		年 計																													
波高(cm)	周期(sec)	0.0~	3.1~	4.0	4.1~	5.0	5.1~	6.0	6.1~	7.0	7.1~	8.0	8.1~	9.0	9.1~	10.0	10.1~	11.0	11.1~	12.0	12.1~	13.0	13.1~	14.0	14.1~	15.0	15.1~	16.0	16.1~	合 計	
0 ~ 24	184	631	1634	3124	2187	580	73	14	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8430
25 ~ 49	328	2698	6488	11237	15295	9385	3054	690	128	23	2	3	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49332
50 ~ 74	21	1719	3488	4646	6311	5751	3428	1516	646	194	31	6	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27757
75 ~ 99	0.0	1.5	3.1	4.1	5.5	5.1	3.0	1.3	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4
	792	2598	2064	2158	2317	1689	974	513	366	131	29	2	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13634
	0.0	0.7	2.3	1.8	1.9	2.0	1.5	0.9	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0
100 ~ 124	0	122	1403	1250	813	926	899	522	287	302	202	83	9	3	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6821
125 ~ 149	0	6	535	850	483	380	430	397	152	176	150	78	25	9	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
150 ~ 174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3675
175 ~ 199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.4
200 ~ 224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1813
225 ~ 249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.0
250 ~ 274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
275 ~ 299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	959
300 ~ 324	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	112421
325 ~ 349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	98.9
350 ~ 374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	523
375 ~ 399	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.3
400 ~ 424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	301
425 ~ 449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
450 ~ 474	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.6
475 ~ 499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	183
500 ~ 524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	113428
525 ~ 549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.7
550 ~ 574	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	102
575 ~ 599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	113530
600 ~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
合計	534	5968	16237	23903	27955	19840	10113	4494	1976	1321	773	385	157	54	14	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	113724	100.0
上段：回数（回）、下段：頻度（%）		0.5	5.2	14.3	21.0	24.6	17.4	8.9	4.0	1.7	1.2	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
		統計期間：1979.12～1993.11の14年																													

統計期間：1979.12～1993.11の14年

### 6.3.2 有義波高の未超過確率

表6.3-2は有義波高の季節別累積頻度表であり、図6.3-3は冬、夏および年についての有義波高の未超過確率である。

図によれば、冬の未超過確率は夏より小さい。つまり、冬は比較的穏やかで高い波は夏に起こりやすい。表によれば波高が1 mを越える確率は冬10.7%、春13.3%、夏14.9%、秋12.2%で夏が最も大きい、較差は4.2%で比較的小さい。波高が2 mを越える確率は冬0.8%、春1.1%、夏1.4%、秋1.3%で、較差は0.6%とさらに小さくなる。

表6.3-2 有義波高の累積頻度表

地 点: 平 塚 沖		単 位: %				
季 節	波高(cm)	冬	春	夏	秋	年
< 25		12.9	4.7	3.0	9.4	7.4
< 50		61.0	47.1	40.7	55.0	50.8
< 75		80.4	73.9	69.3	77.3	75.2
< 100		89.3	86.7	85.1	87.8	87.2
< 125		94.3	92.9	92.2	93.4	93.2
< 150		97.1	96.3	95.7	96.6	96.4
< 175		98.5	97.9	97.6	98.1	98.0
< 200		99.2	98.9	98.6	98.7	98.9
< 225		99.6	99.4	99.1	99.1	99.3
< 250		99.8	99.7	99.5	99.4	99.6
< 275		99.8	99.8	99.7	99.6	99.7
< 300		99.9	99.9	99.8	99.7	99.8
< 325		99.9	100.0	99.9	99.8	99.9
< 350		100.0	100.0	99.9	99.9	99.9
< 375		100.0	100.0	99.9	99.9	100.0
< 400		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

統計期間: 1979.12~1993.11の14年

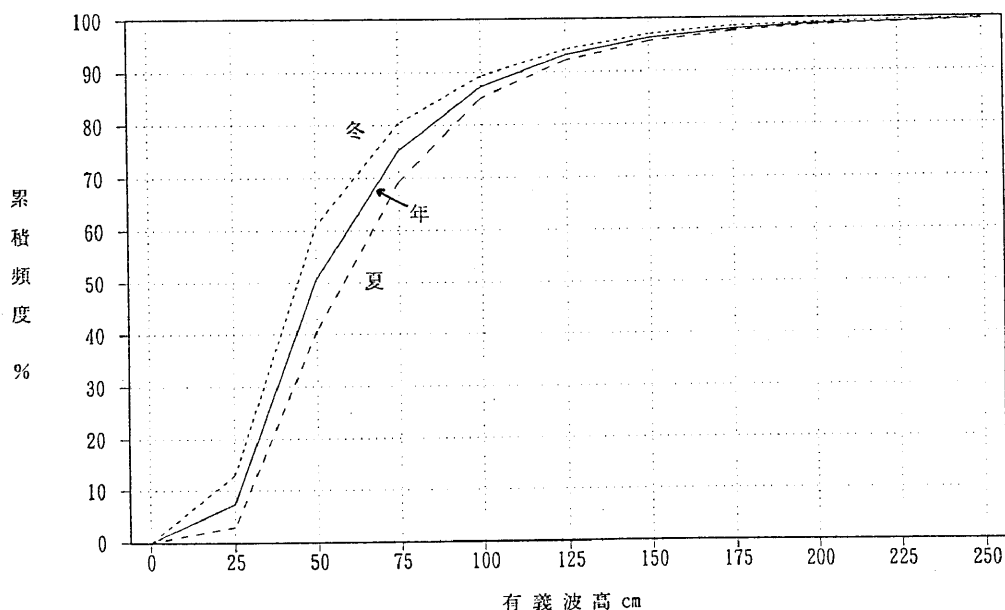


図6.3-3 有義波高の未超過確率

## 6.3.3 有義波高の再現期待値

1979年（昭和54年）から1993年（平成5年）までの15年間の毎年の年最大有義波高は表6.3-3のとおりである。1979年（昭和54年）以降の最大有義波高は1982年（昭和57年）11月30日の6.14m、第二位は1985年（昭和60年）7月1日の6.01mでこの二つ以外は5m以下である。表6.3-3を用いて極値統計を行い、有義波高の再現期待値を算定した。極値統計の手法はPetruaskas・Aagaard（1978）の方法\*によった。すなわち、資料を当てはめる分布関数として二重指数分布（Gumbel分布）と指数 $k$ を0.75～2.00の七通りに変えたWeibull分布7個の計8個（表6.3-4参照）を用い、各分布関数の適合度（相関係数）を比較して最適なものを選択するという手法である。

表6.3-4 各分布型のパラメータ

分布型の番号	分 布 型	$\alpha$	$\beta$
1	Gumbel	0.44	0.12
2	Weibull( $k=0.75$ )	0.54	0.64
3	( $k=0.85$ )	0.51	0.59
4	( $k=1.00$ )	0.48	0.53
5	( $k=1.10$ )	0.46	0.50
6	( $k=1.25$ )	0.44	0.47
7	( $k=1.50$ )	0.42	0.42
8	( $k=2.00$ )	0.39	0.37

再現期待値算定結果を表6.3-5に、95%信頼区間を記した再現期待値算定図を図6.3-4に掲げる。

表6.3-5によれば20年再現期待値は6.07m、30年再現期待値は6.39mと算定されている。1979年（昭和54年）以降累年最大の6.14m（1982年11月）は二つ玉低気圧\*\*、二位の6.01m（1985年7月）は台風8506号によってもたらされたものだが、これらはおよそ20年に1回程度出現する有義波高とすることができる。

第2.2節の表2.2-1による1985年（昭和60年）以降の最大風速時の波高をみると、累年最大は1990年（平成2年）8月10日の29.3m/s（風向SSE）でこのときの波高は4.95m、二位は1985年（昭和60年）7月1日の27.8m/s（風向SSE）で波高は6.01mであった。

\* Petruaskas, C. and Aagaard, P.M. (1978) : Extrapolation of historical storm data for estimating design wave heights, Prepr. 2nd Ann. Offshore Technology Conference 6200 North Central Expressway, Dallas, Texas.

\*\* 日本付近での気圧配置の型の一種。日本列島をはさむように低気圧が日本海と太平洋岸沖を北東ないし東進するパターン。

表6.3-3 年最大有義波高

統計期間：1979～1993年の15年

年	波 高 cm	周 期 0.1sec	起 時			
			年	月	日	時
1979	490	127		5	14	22
1980	364	152		5	22	0
1981	436	54		4	20	6
1982	614	95		11	30	9
1983	381	111		8	17	7
1984	281	60		5	2	11
1985	601	83		7	1	4
1986	376	89		12	19	8
1987	345	85		10	17	11
1988	388	145		9	15	2
1989	425	90		8	27	19
1990	495	76		8	10	12
1991	403	81		8	31	7
1992	432	83		12	8	9
1993	335	100		2	22	5
最 大	614	95	1982	11	30	9

表6.3-5 有義波高の再現期待値

再現期間	波 高(m)	±ΔH
5 年	4.96	0.47
10 年	5.53	0.65
15 年	5.85	0.76
20 年	6.07	0.84
25 年	6.25	0.91
30 年	6.39	0.96
50 年	6.78	1.11
100 年	7.30	1.32
相関係数	0.982	
分布関数	GUMBEL	
試料数 (下限値 /ho)	15 ( 0.00 )	

±ΔH：95%信頼区間の片幅

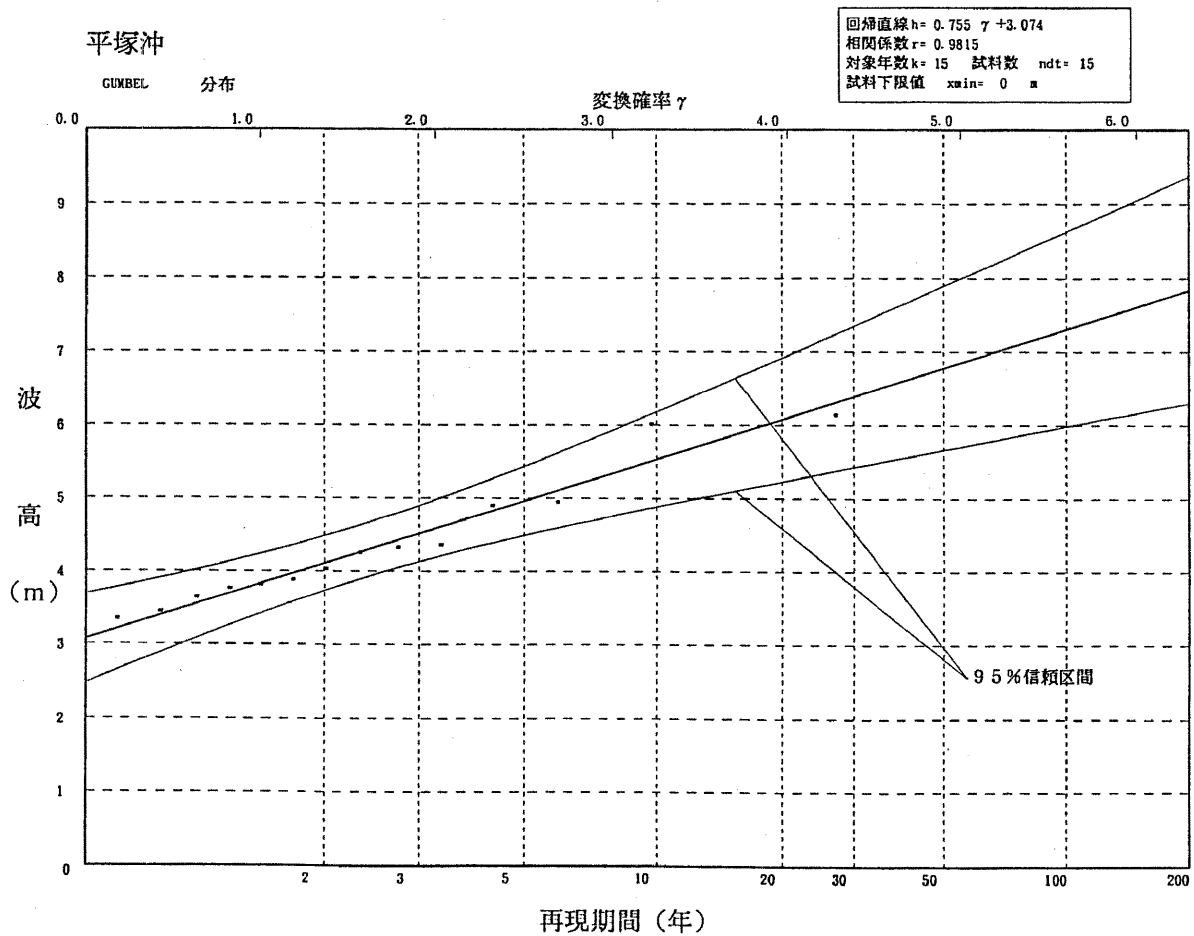


図6.3-4 有義波高の再現期待値算定図

## 6.4 高波の発生

### 6.4.1 波高順位と天気図型

相模湾は伊豆半島、三浦半島および房総半島に囲まれて比較的奥行きが深い湾で、湾口部に比べて湾奥部では波はかなり小さい。しかし、湾口が外洋に向かって広く開いているため、条件によっては湾奥部でもかなり大きな波が発達し、海岸の漁業施設や船舶、道路、海浜などに大きな被害を生ずることがある。その時どの位の大波に襲われたのか、古い事例については知るべくもないが、幸いに1970年代の半ば頃から平塚波浪観測塔で連続的な波浪記録がとれるようになり、湾口部では石廊崎の沖と波浮港の沖で波浪記録が得られている。さらに下田港でも1988年4月から観測が開始された。これら4地点において得られた顕著な高波の有義波高、周期、発生年月日時、および気象擾乱の種類を6.4-1に示す。これらの観測所の所属期間、およびここで扱うデータの期間は次のとおりである。

平 塚	国立防災科学技術研究所	1979-1993年
石廊崎	気象庁	1978-1992年
波 浮	運輸省港湾局	1973-1992年
下 田	運輸省港湾局	1988-1992年

表6.4-1によると、相模湾の高波は台風によって生じたもの、低気圧によるもの、および気圧の谷の通過によるものなどがある。

平塚における最大値は1982年11月30日の6.14m、石廊崎の最大値は1982年8月1日の台風8210号による10.15m、波浮港では1981年8月23日の台風8115号による8.36mであった。

表6.4-1(a) 高波順位表

平塚

順位	$H_{1/3}$ m	$T_{1/3}$ sec	年	月	日	時	備考
1	6.14	9.5	1982	11	30	9	二つ玉L
2	6.01	8.3	1985	7	1	4	T8506
3	4.95	7.6	1990	8	10	12	T9011
4	4.90	12.7	1979	5	14	22	南岸L
5	4.36	5.4	1981	4	20	6	二つ玉L
6	4.32	8.3	1992	12	8	9	南岸L
7	4.25	9.0	1989	8	27	19	T8917
8	4.14	9.6	1990	9	20	6	T9019
9	4.11	8.8	1990	11	10	4	日本海L
10	4.03	8.1	1991	8	31	7	T9114
11	4.02	10.8	1991	9	19	17	T9118
12	3.97	11.3	1991	2	16	1	南岸L
13	3.94	13.9	1991	9	9	9	T9115
14	3.92	8.2	1990	4	8	12	深い気圧の谷
15	3.88	14.5	1988	9	15	2	T8818
16	3.81	11.1	1983	8	17	7	T8305
17	3.80	7.4	1979	4	8	20	日本海L
18	3.76	7.1	1991	9	28	3	T9119
18	3.76	8.9	1986	12	19	8	二つ玉L
18	3.76	8.6	1979	10	19	12	T7920

統計期間：1979～1993年の15年

表6.4-1(b) 高波順位表

石廊崎

順位	$H_{1/3}$ m	$T_{1/3}$ sec	年	月	日	時	備考
1	10.15	12.6	1982	8	1	24	T8210
2	9.93	13.1	1985	7	1	4	T8506
3	9.02	13.1	1982	9	12	18	T8218
4	8.24	12.9	1979	10	19	15	T7920
5	8.07	13.0	1990	9	20	2	T9019
6	7.10	15.0	1990	11	30	19	T9028→冬型
7	6.81	12.4	1987	10	17	9	T8719
8	6.69	11.3	1983	8	17	9	T8305
9	6.42	10.7	1990	8	10	9	T9011
10	6.19	11.6	1981	8	22	24	T8115
11	6.04	11.2	1991	9	28	6	T9119
12	6.04	12.3	1992	7	1	4	T9203
13	5.78	13.5	1981	10	22	24	T8124
14	5.68	9.3	1986	12	19	6	二つ玉L→冬型
15	5.60	10.7	1991	8	31	5	T9114
16	5.55	9.3	1978	2	28	24	日本海L
17	5.48	13.9	1982	9	25	12	T8219
18	5.46	10.2	1981	4	20	6	二つ玉L
19	5.40	10.5	1989	8	27	22	T8917
20	5.38	9.3	1992	12	8	8	移動性H→南岸L

統計期間：1978～1992年の15年

表6.4-1(c) 高波順位表

下田港

順位	$H_{1/3}$ m	$T_{1/3}$ sec	年 月 日 時	備 考
1	6.08	11.1	1990 9 20 2	T9019
2	4.92	11.5	1990 11 30 22	T9028→冬型
3	4.67	9.1	1990 8 10 6	T9011
4	4.50	8.6	1990 2 20 14	日本海 L
5	4.24	9.8	1989 9 27 18	T8917
6	4.06	7.9	1990 4 8 10	日本海 L
7	4.04	8.2	1990 2 11 16	日本海 L → 冬型
8	4.03	9.1	1988 8 3 0	T8808
9	3.86	7.6	1988 4 13 12	南岸 L
10	3.83	7.1	1988 6 3 6	二つ玉 L
11	3.78	7.9	1990 3 12 10	日本海 L
12	3.78	12.4	1991 9 9 4	T9115
13	3.77	9.5	1990 10 8 18	T9021
14	3.76	11.9	1992 7 1 4	T9203
15	3.70	8.2	1992 12 8 8	移動性 H → 南岸 L
16	3.69	7.6	1990 6 10 0	日本海 L
17	3.68	8.0	1992 4 22 16	二つ玉 L
18	3.63	9.4	1991 9 28 4	T9119
19	3.56	10.4	1989 9 20 6	T8922
20	3.51	9.0	1991 9 19 16	T9118

統計期間：1988.4～1992.12の4年8か月

表6.4-1(d) 高波順位表

波浮港

順位	$H_{1/3}$ m	$T_{1/3}$ sec	年 月 日 時	備 考
1	8.36	10.7	1981 8 23 2	T8115
2	7.92	14.2	1988 9 15 8	T8818
3	7.67	11.9	1990 9 20 4	T9019
4	7.13	10.7	1979 5 14 20	南岸 L
5	7.02	10.6	1981 10 22 22	T8124
6	6.94	11.1	1982 8 2 2	T8210
7	6.85	11.1	1974 8 26 12	T7414
8	6.74	11.9	1979 10 19 18	T7920
9	6.52	9.8	1985 2 9 18	二つ玉 L
10	6.20	15.1	1975 11 12 18	T7519
11	6.14	9.3	1978 3 10 16	二つ玉 L
12	6.08	11.7	1983 2 18 0	二つ玉 L
13	6.00	9.9	1977 3 24 6	南岸 L
14	5.96	10.1	1982 11 30 10	二つ玉 L
15	5.95	13.9	1987 9 12 12	南岸 L → T8713
16	5.92	12.4	1982 10 9 12	T8221
17	5.92	9.5	1990 8 10 8	T9011
18	5.84	9.4	1986 12 19 8	二つ玉 L → 冬型
19	5.68	13.4	1975 9 7 12	T7508
20	5.65	10.0	1987 10 17 2	T8719

統計期間：1973～1992年の20年



## 6.4.2 高波を起こした代表的気象擾乱

表6.4-1(a)～(d)に示した各地の顕著高波の記録に基づいて、特に1979年～1992年の14年間に相模湾で高波を記録した気象擾乱を表6.4-2に示す。全体で42例あるから、平均では3回／年になっている。しかし、年によってその数は大きく異なる。表6.4-3は、高波の原因を台風によるものと、低気圧・その他によるものに分けて各年の顕著高波発生回数を示したもののだが、1990年には7回、91年と82年には5回と多く、1984年には0回、80年と86年にはわずか1回であった。ここで、1987年9月12日の高波は台風によるものとし、1988年8月3日の高波は低気圧によるものとした。

発生件数別にみると、台風によるものが25例、低気圧・その他によるものが17例で台風による高波の方が多い。また、特に顕著高波についても、台風による高波が上位の大部分を占めている（表6.4-1参照）。

表6.4-4には顕著高波の月別発生回数を示す。この表では台風によって発生したものと、低気圧・その他によるものに分けて示してあるが、前者は8～10月の間に多く起こり、特に8月が8回と多くなっている。季節はずれの事例として5月と12月にそれぞれ1回起こっている。低気圧・その他によるものは2月と4月に最も多く、それぞれ5回が観測されている。このほかの月では2回以下である。

表6.4-3 顕著高波の年次別発生回数

年 次	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	合 計
台風によるもの	2	1	2	4	1	-	2	-	2	1	2	3	4	1	25
低気圧、その他	2	-	1	1	1	-	1	1	-	3	-	4	1	2	17
合 計	4	1	3	5	2	-	3	1	2	4	2	7	5	3	42

表6.4-4 顕著高波の月別発生回数

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合 計
台風によるもの	-	-	-	-	1	-	2	8	7	6	-	1	25
低気圧、その他	-	5	-	5	1	1	-	-	1	-	2	2	17
合 計	-	5	-	5	2	1	2	8	8	6	2	3	42

表6.4-2 顕著高波一覧表

年 月 日	最大有義波高 ( m )				備 考
	平 塚	波 浮	石 廊 崎	下 田	
1979 4 8 5 14 10 1 10 19	3.80 4.90 3.59 3.76*	5.64 7.13 4.63 6.74	3.71 3.73 4.40 8.24		日本海 L 南岸 L T7916 T7920
1980 5 21~22	3.64	-	3.32		T8003
1981 4 20 8 22~23 10 23	4.36 - 3.36	4.88 8.36 7.02	5.46 6.19 5.78		二つ玉 L T8115 T8124
1982 8 1~2 9 12 9 25 10 9 11 30	3.74* - - - 6.14	6.94 5.57 2.73 5.92 5.96	10.15 9.02 5.48 3.10 4.48		T8210 T8218 T8219 T8221 二つ玉 L
1983 2 18 8 17	1.63 3.81	6.08 5.34	2.69 6.69		二つ玉 L T8305
1985 2 9 7 1 8 30	2.71 6.01 3.71	6.52 - 5.28	3.69 9.93 3.27		二つ玉 L T8506 T8514
1986 12 19	3.76*	5.84	5.68		二つ玉 L
1987 9 12 10 17	2.19 3.45	5.95 5.65	2.76 6.81		南岸 L → T8713 T8719
1988 4 13 6 3 8 3 9 15	3.12 3.03 1.64 3.88	- - 3.49 7.92	3.81 3.51 - 2.98	3.86 3.83 4.03 2.63	深い気圧の谷 南岸 L 熱低 T8818
1989 8 27 10 8	4.25 3.69	4.87 4.15	5.40 2.46	4.24 -	T8917 T8925
1990 2 11 2 20 4 8 8 10 9 20 11 10 12 1	3.02 3.41 3.92 4.95 4.14* 4.11 3.24	- - - 5.92 7.67 - -	4.22 4.38 5.04 6.42 8.07 4.69 7.10	4.04 4.50 4.06 4.67 6.08 3.27 4.92	日本海 L 日本海 L 深い気圧の谷 T9011 T9019 日本海 L T9028
1991 2 16 8 31 9 9 9 19 9 28	3.97 4.03 3.94 4.02 3.76	- - - - -	4.73 5.60 4.37 5.11 6.04	3.26 3.36 3.78 3.51 3.63	南岸 L T9114 T9115 T9118 T9119
1992 4 22 7 1 12 8	3.66 2.28 4.32	3.67 3.48 4.40	3.94 6.04 5.38	3.68 3.76 3.70	二つ玉 L T9203 南岸 L

注：\* 印はピーク付近に欠測がある観測値であることを示す。

### 6.4.3 台風による高波

表6.4-2と表6.4-3で示したように、台風による高波は25例で、全体の60%にあたる。これらの台風の経路を分類して示すと図6.4-1(a)～(c)に示すとおりである。経路の分類は、相模湾から100km以内に接近して通過したものをA型、100km以遠を通ったものをB型とし、相模湾の東側を通過したものをE型、西側通過をW型としてAE、AW、BE、BWの4つの型に分けた。各型に属する台風の数はいずれも2例、5例、9例、8例およびその他1例である。図6.4-1(a)はAE型とAW型に属するものを示し、(b)はBW型、(c)はBE型に属するものである。相模湾は南に開いた湾であるから、南よりの強風による高波が卓越し、北よりの強風では波が高くない。したがって、W型の台風による高波が顕著に現れるが、E型でも11例が記録されていることは興味深い。

台風が相模湾に最も接近したときの台風の諸元を表6.4-5に示す。台風8506号は相模湾の北西約45kmを中心気圧969hPaで北東に向かって通過しており、台風の規模が大きかったことと、相模湾で南よりの強風と高波を起こす典型的な経路であったことから、調査期間中で最も顕著な高波を起こした。平塚では有義波高601cm（歴代2位）、石廊崎では993cm（歴代2位）を記録している。

台風9119号は相模湾の北西方を約480kmも離れて日本海を北東に進んだ台風であるが、中心気圧950hPaで、大型の勢力を保っていたため、石廊崎では有義波高604cm、平塚では376cm、下田では363cmの高波を観測した。

台風8925号は相模湾の南東約550kmの沖合いを、中心気圧953hPaで北東に進んだ。このとき相模湾上では北よりの風が卓越し、陸から海に吹き出す風であるため風浪は高くないが、台風の暴風域内で発達した南東のうねりが進入して、波浮では有義波高415cm、平塚では369cmを記録した。

表6.4-2で石廊崎と波浮の波高を比較すると、両地点はともに相模湾の湾口付近に位置し、距離もあまり離れていないにもかかわらず、石廊崎より波浮の方が高い場合と、その反対の場合とがある。両地点の最大有義波高を、E型の台風経路とW型の台風経路に分けて比較したのが図6.4-2である。この図で、黒丸は表6.4-2に示された観測結果であり、×印は第6.6節で述べるモデル台風による高波の数値計算結果である。ただし、数値計算結果は最大級の台風を想定したもので、波高も著しく高くなっている。ここでは両地点の波高比を問題にしているのであるから、便宜的に得られた推算結果の1/2の数値が図にプロットされている。

図6.4-2によると、台風が相模湾の西側を通る場合には波浮より石廊崎の方が波が高い。例外として台風7916号の場合には波浮の方がやや高くなっている。台風が東側を

通る場合には石廊崎より波浮の方が高いが、台風9023号のときに限って石廊崎の方が高くなっている。

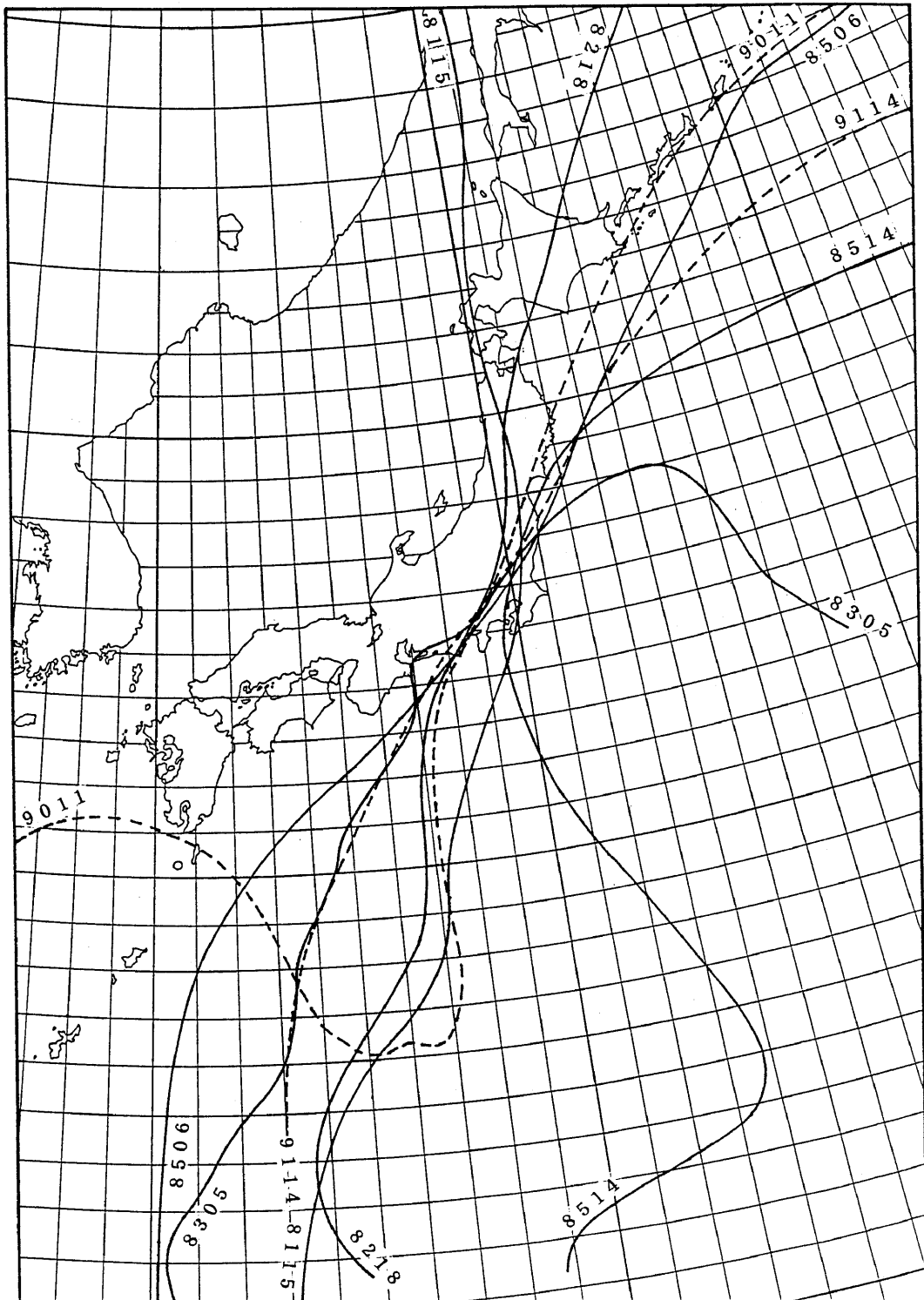


図6.4-1(a) 相模湾で顕著な高波を起こした台風の経路  
－ 100km以内を通過したもの －

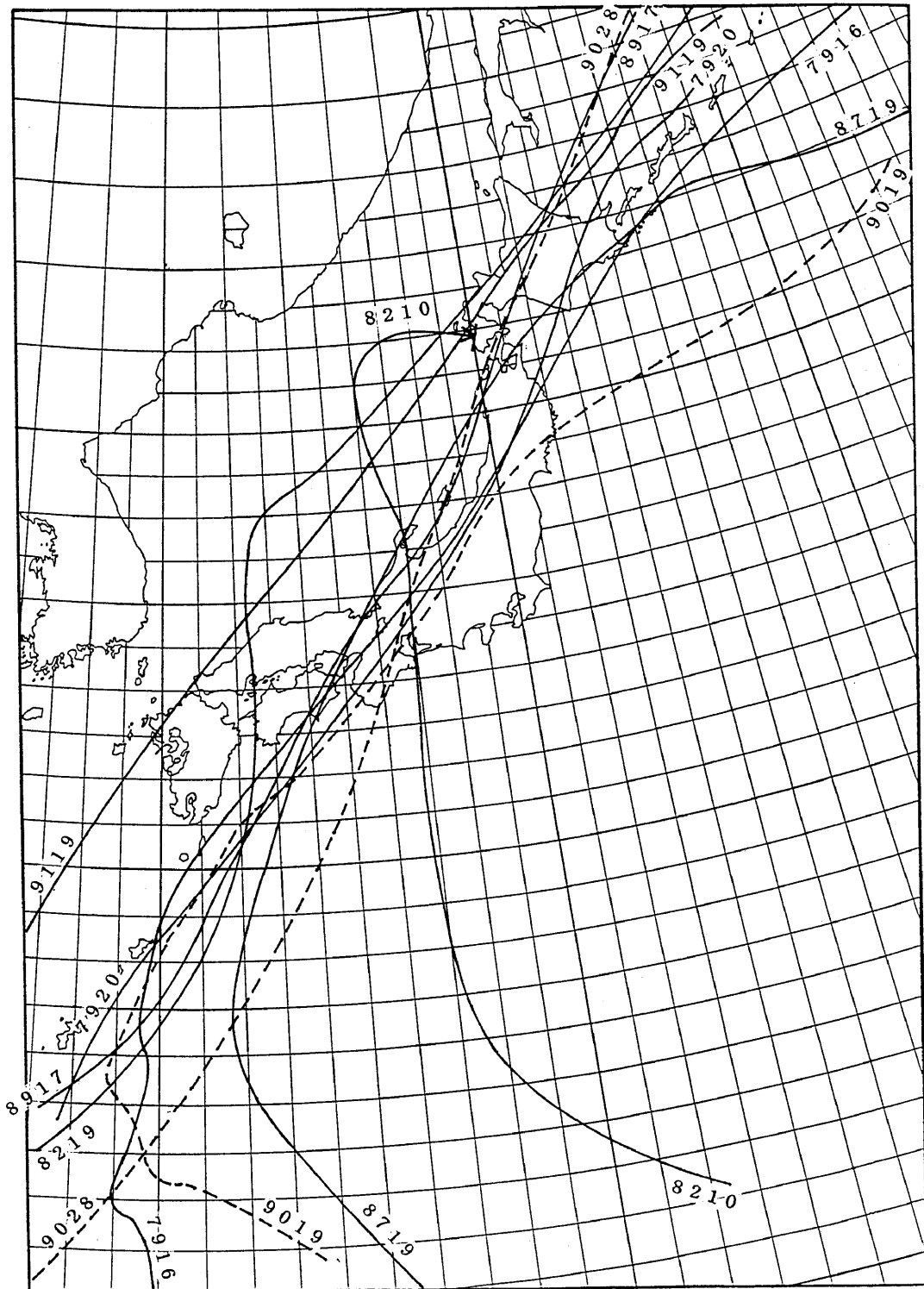


図6.4-1(b) 相模湾で顕著な高波を起こした台風の経路  
— 相模湾の西方を100km以上離れて通過したもの —

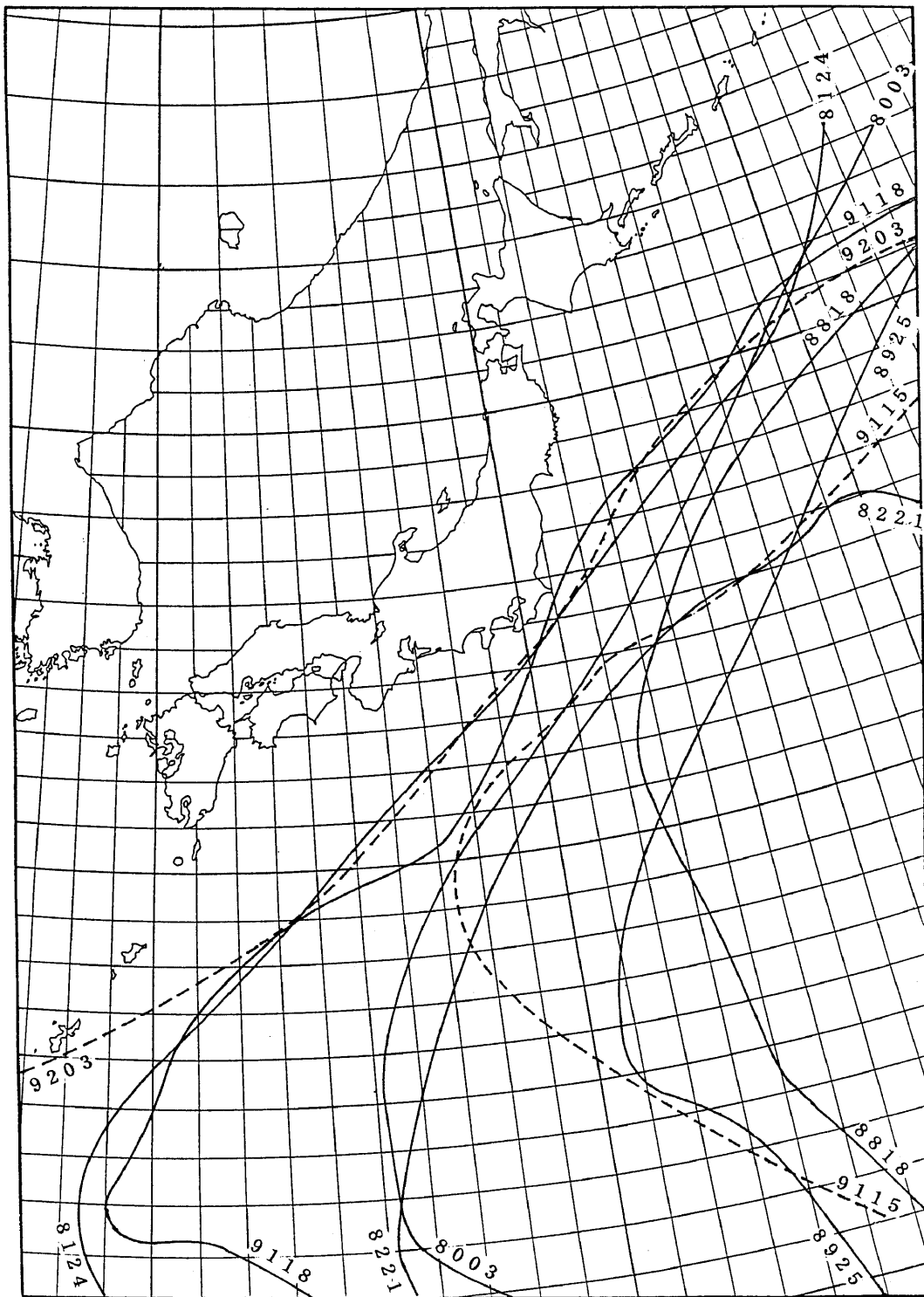


図6.4-1(c) 相模湾で顕著な高波を起こした台風の経路  
 — 相模湾の東方を100km以上離れて通過したもの —

表6.4-5 相模湾で顕著な高波を起こした台風の最接近時における諸元

年 月 日	台風 番号	台風経 路の型	台 風 最 接 近 時				備 考
			時/日	距離	中心気圧	速度	
1979 10 1	7916	BW	2/ 1	km 240	hPa 982	km/h 90	
" 10 19	7920	BW	13/19	165	967	95	
1980 5 21	8003	BE	20/21	275	980	60	
1981 8 23	8115	AE	4/23	50	965	70	
" 10 23	8124	BE	23/22	120	965	25	
1982 8 2	8210	BW	2/ 2	220	974	55	
" 9 12	8218	AW	20/12	66	980	55	
" 9 25	8219	BW	9/26	570	996	25	
" 10 9	8221	BE	2/ 9	340	957	45	
1983 8 17	8305	AW	21/17	45	984	20	
1985 7 1	8506	AW	4/ 1	45	969	80	
" 8 30	8514	AE	22/30	33	992	30	
1987 10 17	8719	BW	8/17	300	986	60	
1988 9 15	8818	BE	0/16	385	965	25	
1989 8 27	8917	BW	20/27	265	985	60	
" 10 8	8925	BE	23/ 7	550	953	55	
1990 8 10	9011	AW	11/10	45	980	35	
" 9 20	9019	BW	3/20	165	980	50	
" 12 1	9028	BW	21/30	220	984	20	
1991 8 31	9114	AW	7/31	45	994	40	
" 9 9	9115	BE	9/ 9	275	955	30	
" 9 19	9118	BE	19/19	120	980	85	
" 9 28	9119	BW	2/28	480	950	90	
1992 7 1	9203	BE	1/ 1	110	980	25	

注：台風経路の型の定義は以下のとおり。

(1) 相模湾より100km以内を通過：A

相模湾の西ないし北西方を通過：AW

相模湾の東ないし南東方を通過：AE

(2) 相模湾より100km以遠を通過：B

相模湾の西ないし北西方を通過：BW

相模湾の東ないし南東方を通過：BE

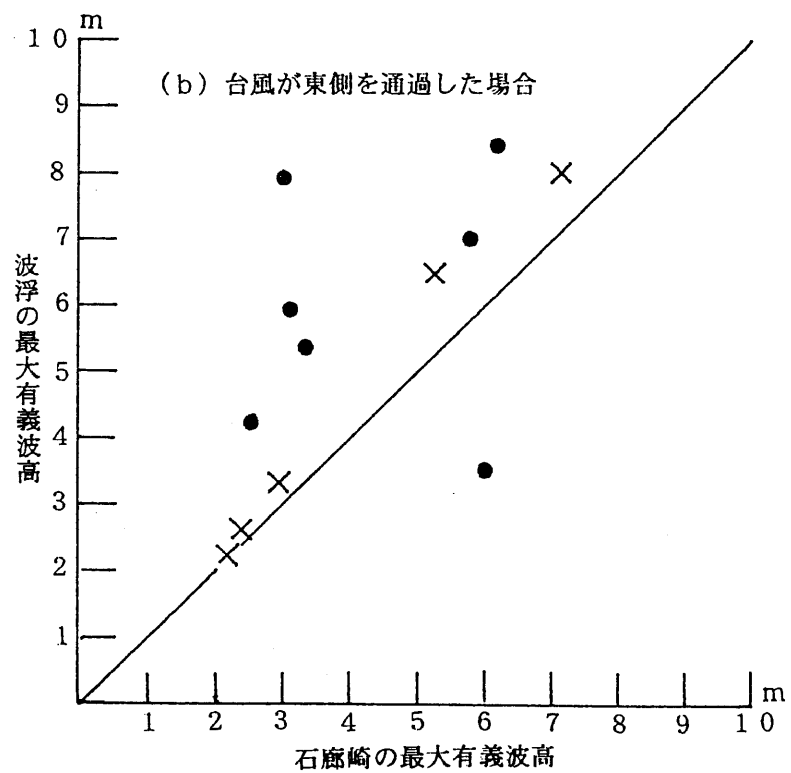
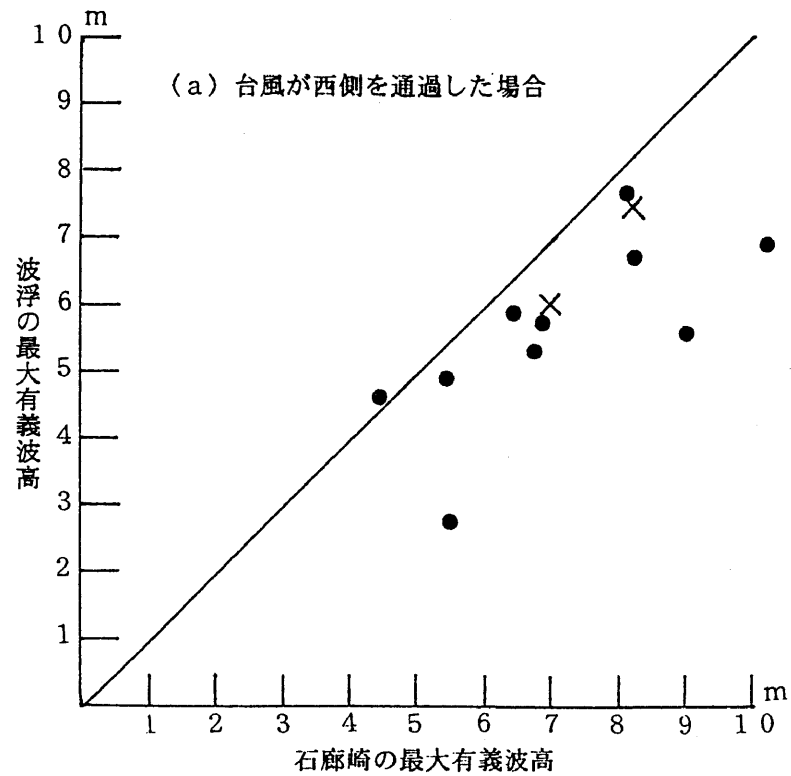


図6.4-2 波浮と石廊崎の最大有義波高の比較



#### 6.4.4 低気圧・その他による高波

表6.4-2の高波事例の中で低気圧・その他によるものが17例ある。この内訳は二つ玉低気圧が6例、日本海低気圧が4例、南岸低気圧が4例、深い気圧の谷が2例、熱帯低気圧が1例である。

日本海低気圧と南岸低気圧、および二つ玉低気圧については主低気圧を選び、それぞれの経路を図6.4-3に示した。これによると、1983年2月18日の場合を除いて、南岸低気圧といえどもすべて相模湾の北西側を通過している。これは低気圧に吹き込む南よりの強風によって高波が起こったことを示している。最も顕著であったのは1979年5月14日に相模湾の北側を接近して通過した低気圧によるもので、波浮で最大有義波高713cm、平塚で490cm、石廊崎で373cmを記録した。

1983年2月18日の低気圧は伊豆諸島付近で急速に発達して東北東に進んでいる。東経140°線を通過する頃、すでに大型の低気圧に発達していたことと、低気圧があまり北上せず東北東に進んだため低気圧の北側の東よりの強風によって発達した高波が顕著なうねりとなって相模湾に進入した。このとき、波浮では最大有義波高608cm、周期11.7秒を記録したが、平塚は三浦半島と房総半島の遮蔽効果を受け、波高は163cmと波は小さかった。このときの波は西部で高かったものと思われる。

低気圧が沿海州の北方を通過し、これから南西にのびる顕著な寒冷前線を伴った深い気圧の谷が日本付近を通過した際に、寒冷前線の通過前に南よりの強風が吹き荒れて起こった高波が2例ある。1990年2月11日にはこの型によって石廊崎では最大有義波高422cm、平塚で302cmの高波を記録した。

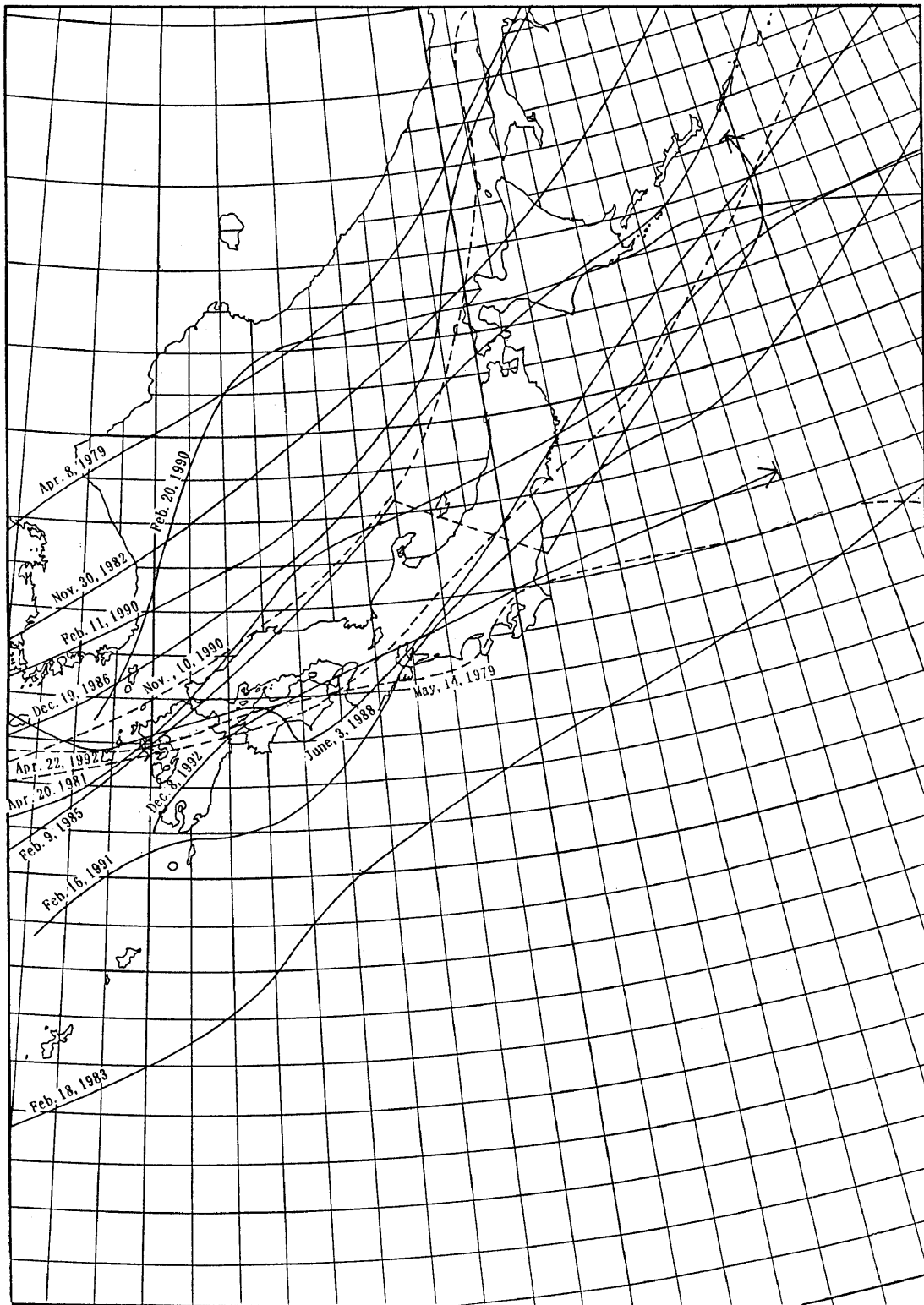


図6.4-3 相模湾で顕著な高波を起こした低気圧の経路

## 6.5 顕著高波の事例

### 6.5.1 1985年7月1日の高波

台風8506号の通過に伴って起こった高波である。1985年6月14日15時にカロリン諸島のヤップ島の南の海上で弱い熱帯低気圧が発生し、次第に発達しながら北西に進み、25日12時に台風8506号となった。26日には向きを北に変え、発達しながら東経130°線に沿って北上し、29日9時には南大東島の南南西約200kmの海上で中心気圧960hPa、中心付近の最大風速40m/sの最盛期の状態となり、同日16時には南大東島の北西約90kmの海上に達した。

台風はその後あまり衰えることなく、向きを北から北北東、さらに北東へと変えながら加速し、7月1日2時頃御前崎付近を通過し、3時頃田子の浦に上陸した。上陸時の勢力は中心気圧968hPa、中心付近の最大風速は35m/sであった。上陸時すでに時速70kmとかなりの速度になっていた台風は上陸後も加速し、80～85km/hという猛スピードで関東地方を通り抜け、7時には福島県いわき市付近から太平洋に出ている。その後は三陸沖を北東進し、同日15時に根室市の南海上で温帯低気圧に変わった。この台風はAW型に属する。

図6.5-1には1985年6月30日～7月2日までの毎日9時の天気図および平塚の風向、風速、波高、周期、気圧の経時変化を示し、図6.5-2には台風の中心気圧と進行速度の経時変化を示す。これによると、台風は25°N付近で中心気圧960hPaと最盛期の状態になり、その後はやや衰えながら北上したが、北海道東方を通過して45°N付近に達してもなお中心気圧975hPaという強い勢力を保っていた。

この台風の通過に伴って、伊豆諸島の先端の石廊崎では6月29日の昼過ぎから波の発達が始まり、7月1日4時に有義波高9.93m（周期13.1sec）という石廊崎における既往二位の高波を記録した。台風が速い速度で通過し去るとともに石廊崎の波も急速に衰え、2日昼過ぎには2m以下となった。

平塚では6月30日19時に突然的に10m/sを越える南風が吹き始め、次第に南東の風に変わりながら夜半過ぎまでに12～13m/sの風が続いたが、7月1日1時頃から急速に風が強まり、2時には20m/sを越え、3時にはSSE27.8m/sを記録した。その後は南西の風が変わって徐々に弱まっている。波は30日未明から100cm前後のうねりが観測されたが、夜に入って風が強まるとともに風浪が発達して、急速に波高を増し、1日1時過ぎには200cmを越え、2時過ぎに300cmを越え、4時には601cmを記録した。その後は台風が遠ざかるとともに徐々に衰えた。

浦賀水道に位置する浜金谷とアシカ島では30日昼過ぎから次第に南よりの風が強ま

相模湾の気象・海象（その2）－渡部ほか

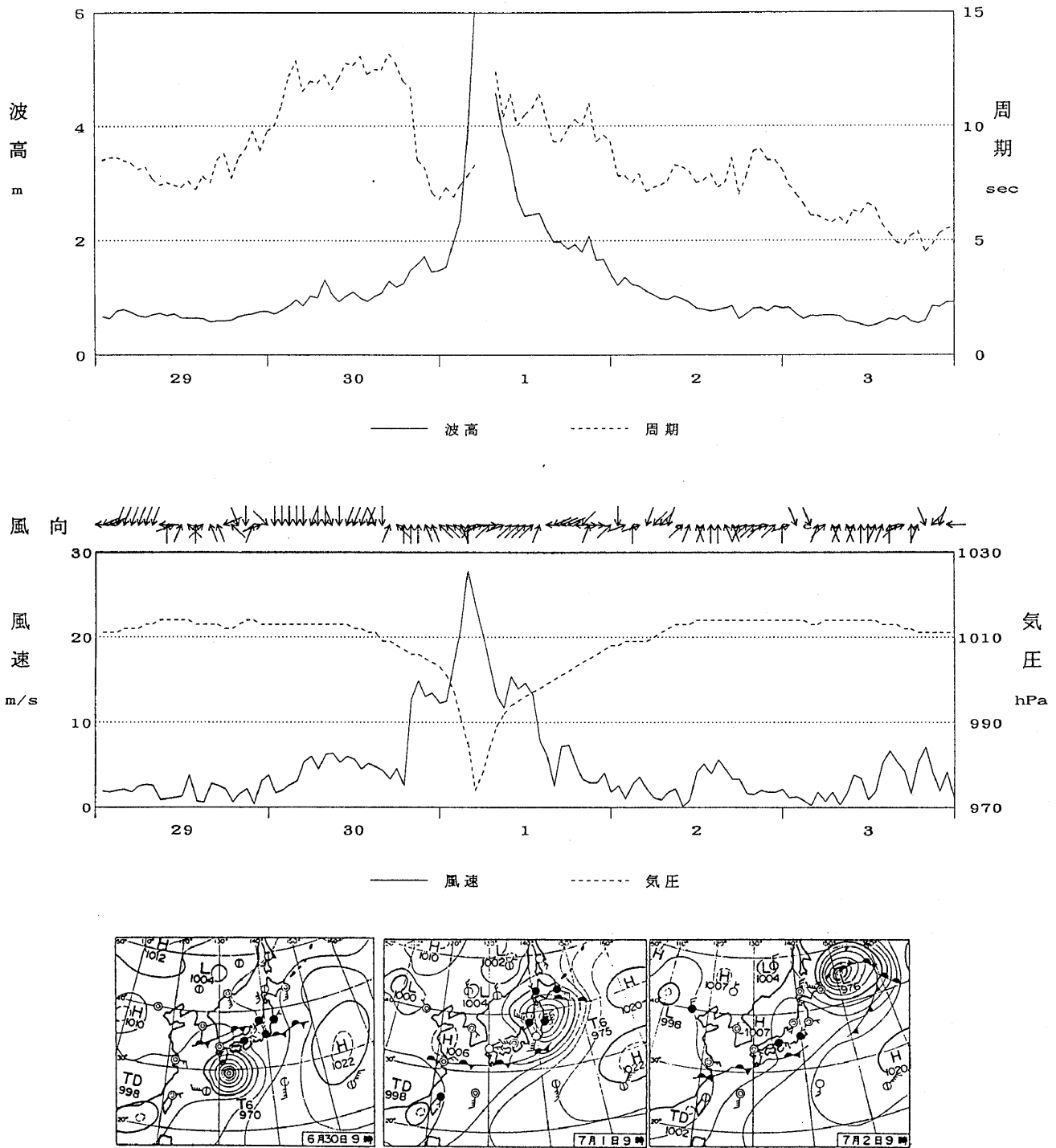


図6.5-1 波浪、風、気圧の経時変化および地上天気図  
(1985年6月29日～7月3日)

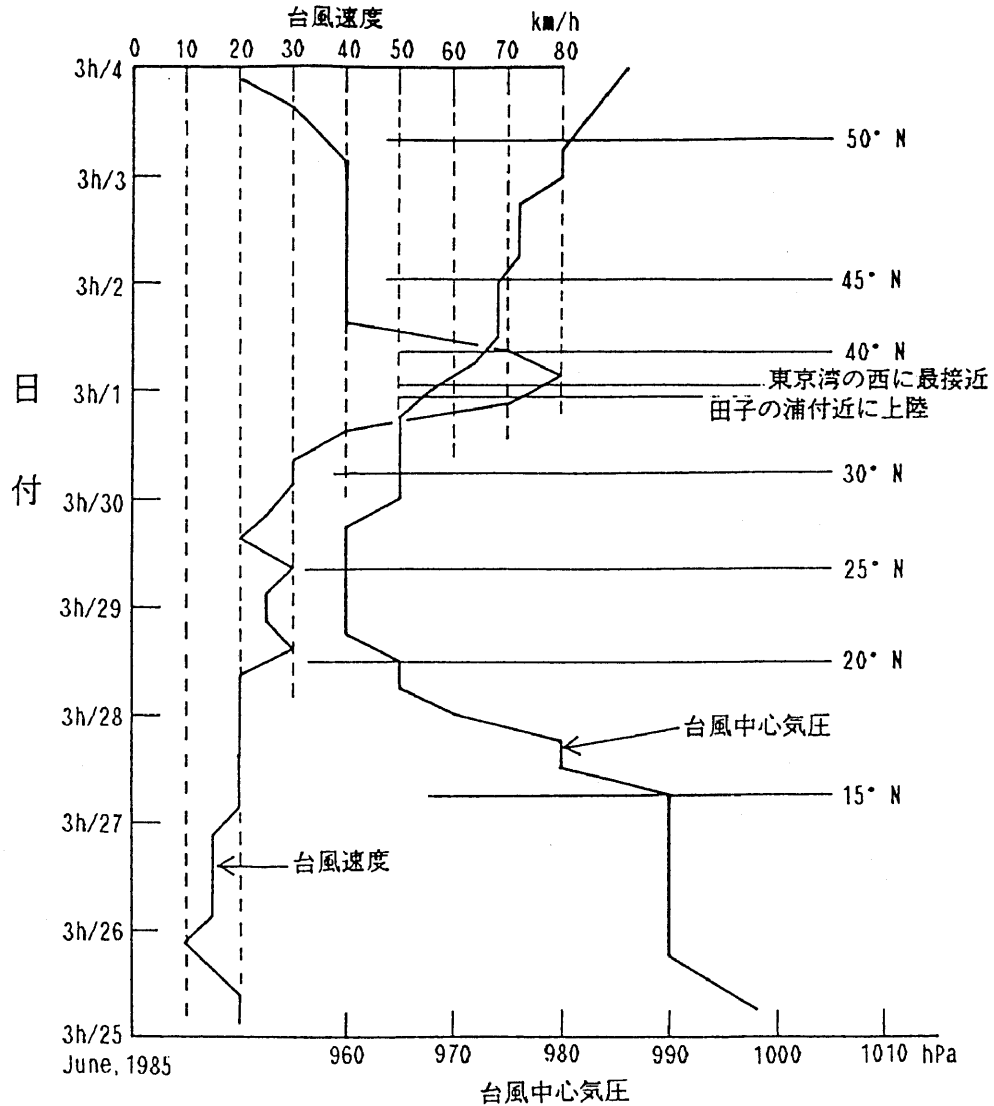


図6.5-2 台風8506号の中心気圧と進行速度の経時変化

り、台風の接近とともに南南東に変化し、台風通過後の1日3時にはアシカ島で南の風33m/sを記録した。その後は南西の風に変わり、急速に衰えた。

図6.5-3には浜金谷とアシカ島の波高と周期の経時変化を示す。図からわかるように、アシカ島では4時が、浜金谷では2時と4時がデータ異常のため欠測となっているが、6月30日の夜半過ぎから急速に波が高まった様子がうかがえる。観測された最大は、アシカ島では7月1日6時の有義波高5.34m（周期9.9sec）、浜金谷では同じ時刻の7.30m（周期11.7sec）である。風の変化と比べると、波高の変化は2～3時間遅れており、風向が南西に変わり、風速がやや衰えてから波高の極値が現れている。すなわち、観測された最大の波は外海で発達したものが浦賀水道へと進入したものであると考えられる。

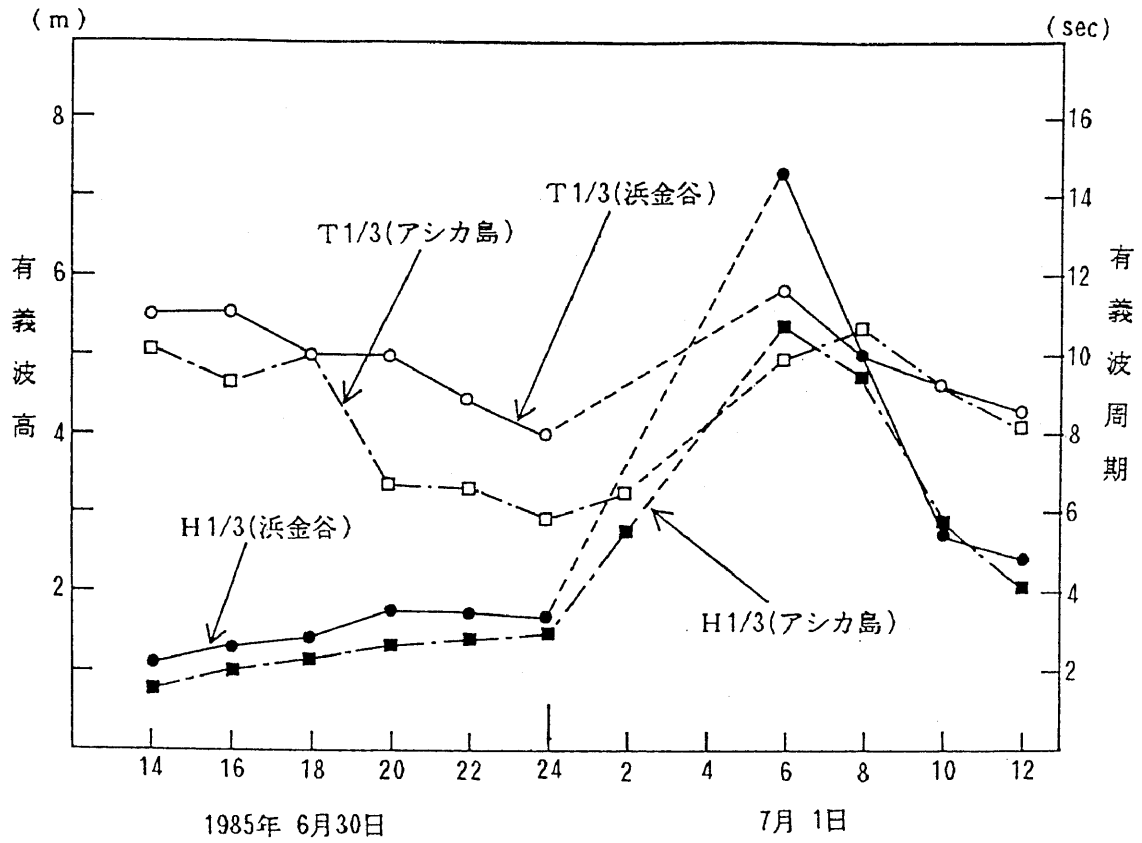


図6.5-3 アシカ島と浜金谷の波の経時変化

## 6.5.2 1988年9月15日の高波

1988年9月8日9時に南鳥島の南東約850kmの海上で発生した弱い熱帯低気圧は徐々に発達しながら西北西に進み、9日9時南鳥島の南約500kmの海上で台風第18号となった。台風は次第に発達しながら引き続き西北西ないし西に進み、12日9時にはマリアナ諸島の北部海域で中心気圧955hPaと発達した。その後向きを北北西にかえながら発達し、13日9時には945hPaの最盛期の状態になった。14日9時には父島の東約120kmを通り、15日9時には八丈島の南東約300kmに達した。この時の中心気圧が995hPaで、台風はこの頃まで最盛期の勢力を保っていた。15日9時以降ゆっくり減衰しながら向きを北北東にかえ、16日3時頃房総半島の南東約250kmを通過し、更に進路を北東にかえて東方洋上に去った。この台風の経路はBE型に属する。

図6.5-4には9月14日から16日までの毎日9時の天気図および平塚における風向、風速、波高、周期、気圧の経時変化を示す。北方の東西にのびる高気圧帯は北偏して北緯50度付近にあるので、この場合には相模湾の波に対する高気圧の影響はあまり大きくない。

図6.5-5はこの台風の中心気圧および進行速度の経時変化を示す。台風は最初に北緯20度付近を西進しながら発達し、12日に北北西に転向し、13日に北緯23度付近で最盛期となり中心気圧945hPaを示した。その後は弱まりながら北上を続けているが、9日から13日にかけての急速な発達に比べて、13日以降の衰え方はゆるやかで、北緯40度線に達した時にも中心気圧はまだ980hPaを示していた。進行速度は北緯30度線に達するまで10~20km/hであったが、その後次第に加速し、北緯40度付近では50km/hを越えた。

この台風が接近して通過した小笠原諸島は暴風雨となり、父島では最低気圧970.5hPa、最大瞬間風速34.9m/s（14日8時42分）を記録した。また三宅島では最大風速20.4m/s（15日6時20分）を記録している。

この台風による被害は太平洋岸沿いに岩手県から三重県までに及び、死者行方不明者2人、負傷者15人、山崖崩れ24カ所、農業被害約3億6千万円、水産業被害約4億円等の被害が発生した。

平塚海洋観測塔の記録によると、相模湾上では台風の接近に伴って14日未明から北寄りの風が10m/sを越えるようになり、次第に強まって15日15時に18.2m/sを記録し、16日3時過ぎから急速に弱まっている。波浪は、14日未明から次第に高まり、8時には200cmを越え、15日3時には波高388cm、周期14.5秒、波向SSEを記録している。12時過ぎまで300cm以上の高波が続いたが、その後は急速に弱まった。風が北寄りであるに

相模湾の気象・海象（その2）－渡部ほか

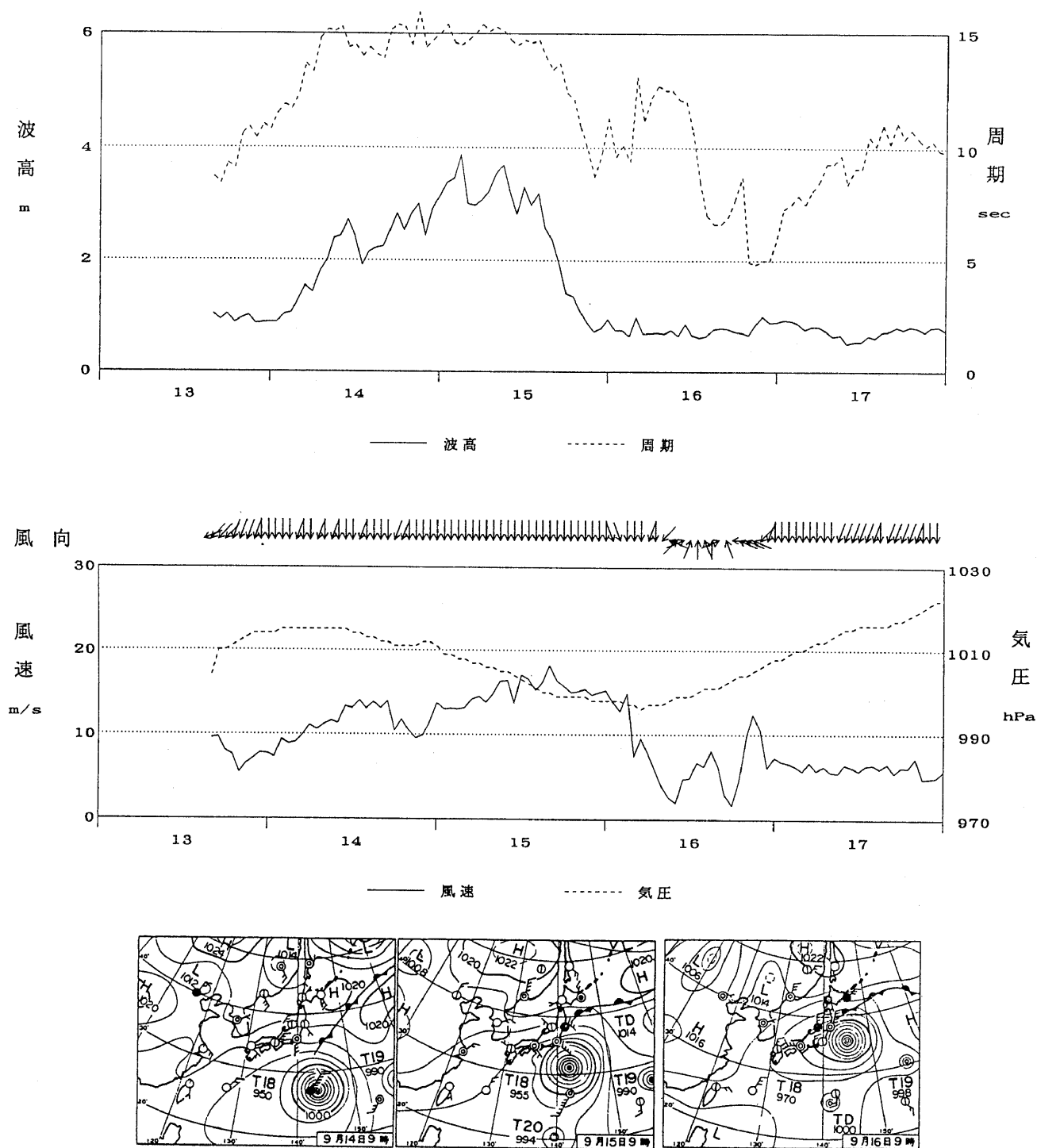


図6.5-4 波浪、風、気圧の経時変化および地上天気図  
(1988年9月13日～9月17日)



もかわらず、波向は14日から15日早朝までSSE、その後はSであったことと、高波期間中の周期が14秒～15秒と長かったことから、この事例における相模湾上の高波は南東の沖合いを北東進した台風8818号からのうねりであることがわかる。

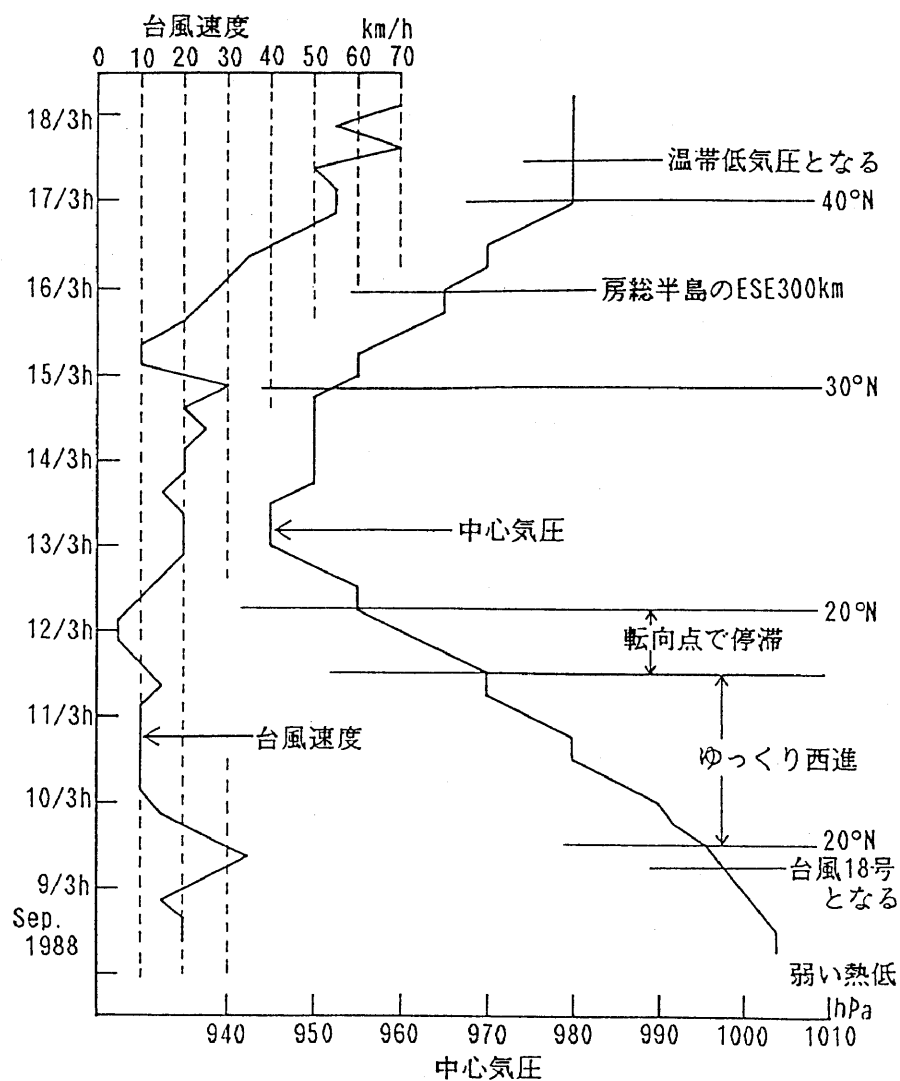


図6.5-5 台風8818号の中心気圧と進行速度の経時変化

## 6.5.3 1990年9月20日の高波

台風9019号の通過に伴って発達した高波である。1990年9月12日9時にマリアナ諸島近海で中心気圧1004hPaの弱い熱帯低気圧が発生し、西北西に進みながら次第に発達し、13日9時にグアム島付近で中心気圧998hPaの台風9019号になった。台風は北西に進みながら発達し、17日9時には沖縄本島の南東の沖合で中心気圧890hPa、中心付近の最大風速60m/sの大型で非常に強い台風となった。その後、勢力をやや弱めながら進路を次第に北から北東に変えて進み、18日には奄美大島の東方海上を通り、19日20時過ぎに和歌山県白浜町の南に上陸した。上陸時の台風中心気圧は950hPaで依然として大型で強い勢力を保っており、潮岬で19日20時11分に最大風速33.1m/s、最大瞬間風速59.5m/sを記録した。上陸後引き続き北東に進み、20日0時には三重県四日市市付近（中心気圧960hPa、中心付近の最大風速35m/s）に達し、北陸・東北地方を経て、20日12時前に岩手県宮古市付近から三陸沖に進んだ。台風は20日15時、三陸沖で温帯低気圧に変わり更に東北東に進んだ。BW型の台風である。図6.5-6は1990年8月19～21日の毎日9時の天気図および平塚における風向、風速、波高、周期、気圧の経時変化を示す。図6.5-7は台風9019号の中心気圧と進行速度の経時変化図である。この図によると、台風が最盛期に達したのは沖縄本島南東沖の北緯25度付近の転向点にあった時である。大型台風は通常北緯20度付近で最盛期になることが多いが、台風9019号の場合にはかなり北偏して最盛期となっていることがわかる。台風の進行速度は低緯度では通常10～15km/hであるが、この台風の場合には発生の初期から20～25km/hで進み、転向点付近で10km/hと遅くなり、その後は急速に速度を増している。また上陸後の台風の衰弱がきわめて速いという特徴も見られる。

台風に伴った高波域は、台風の発達とともに拡大しながら台風に伴って移動した。台風の勢力が最も強かった17日9時の高波域は沖縄本島の南東沖を中心にして、波高4m以上の海域が東西約2,000km、南北約1,000km、波高8m以上の海域が東西約600km南北約400km、さらに波高12m以上の海域が台風の東側に直径約200kmの広がりを持っていた。台風が上陸した頃（19日21時）、紀伊半島の沖合いで波高10mの海域が見られ、四国の室戸岬の沖から静岡県の沖合いにかけて波高8m以上の大しけとなっていた。

沿岸波浪観測所の記録を見ると、沖縄本島から関東南岸にかけて各地で6m以上の最大有義波高を観測しており、紀伊水道の御坊沖では19日18時に935cm（周期13.4sec）を記録した。石廊崎では20日2時に807cm（周期13.0sec）、波浮では20日4時に767cm（周期11.9sec）の高波を観測している。

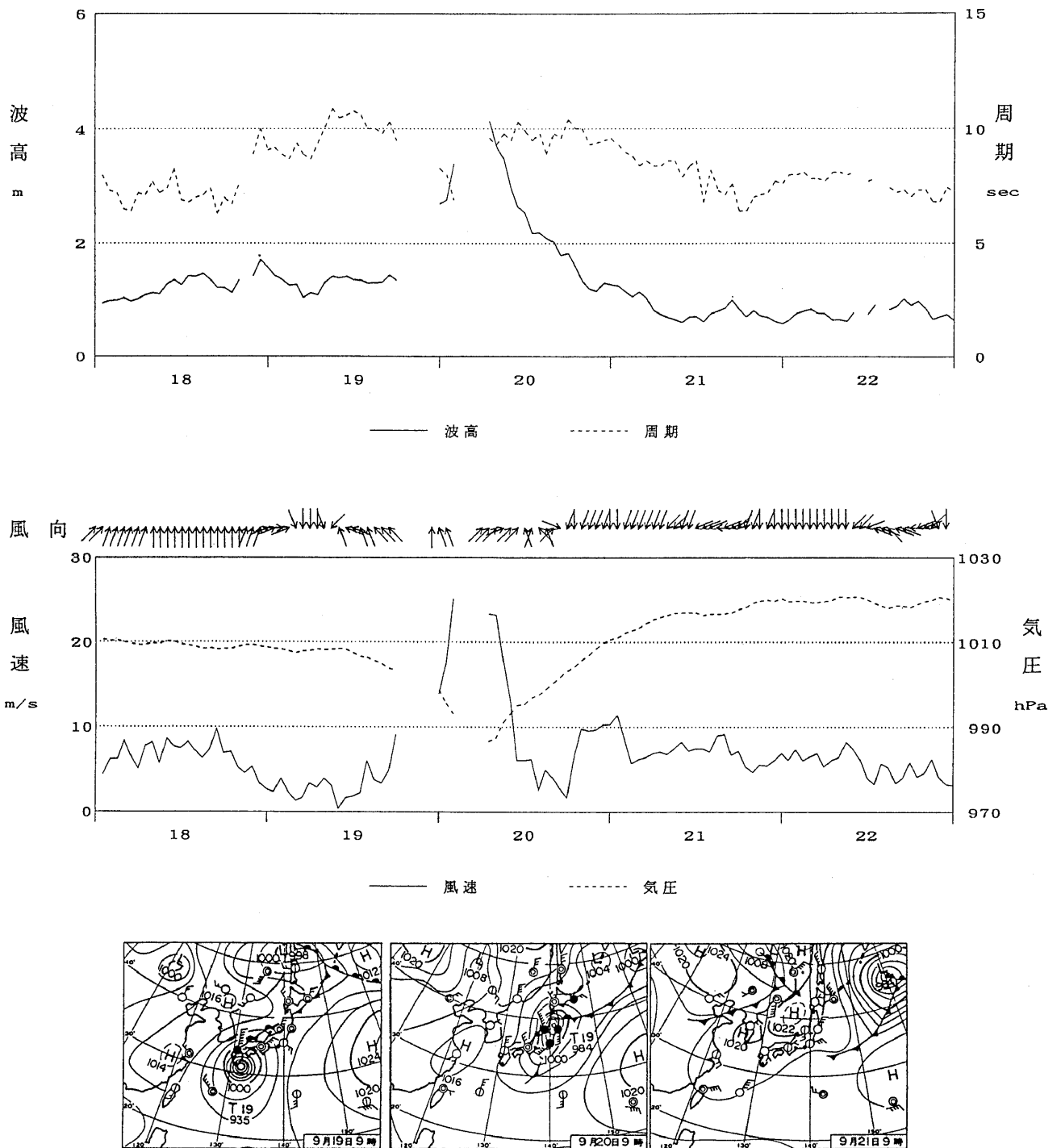


図6.5-6 波浪、風、気圧の経時変化および地上天気図  
(1990年9月18日～9月22日)

相模湾周辺では台風が紀伊半島に接近した19日18時頃から次第に南東の風が強まり、夜半過ぎには南風となり、20日4時頃台風が相模湾の北西約190km 付近を通過すると急速に弱まりながら南南西から北寄りの風へと変化している。各地の最大風速は台風が通過した時刻の直後に現れており、海上では25m/sを越す強風であった模様である。

平塚海洋観測塔では19日18時～22時、20日2時～5時の間が欠測になっている。得られた記録の中では20日1時のSSE25.1m/sが最大風速であり、20日6時の波高414cm、周期9.6秒、波向Sが最大の有義波であるが、欠測期間中にこれを越える強風と高波が起こったであろうと推測される。

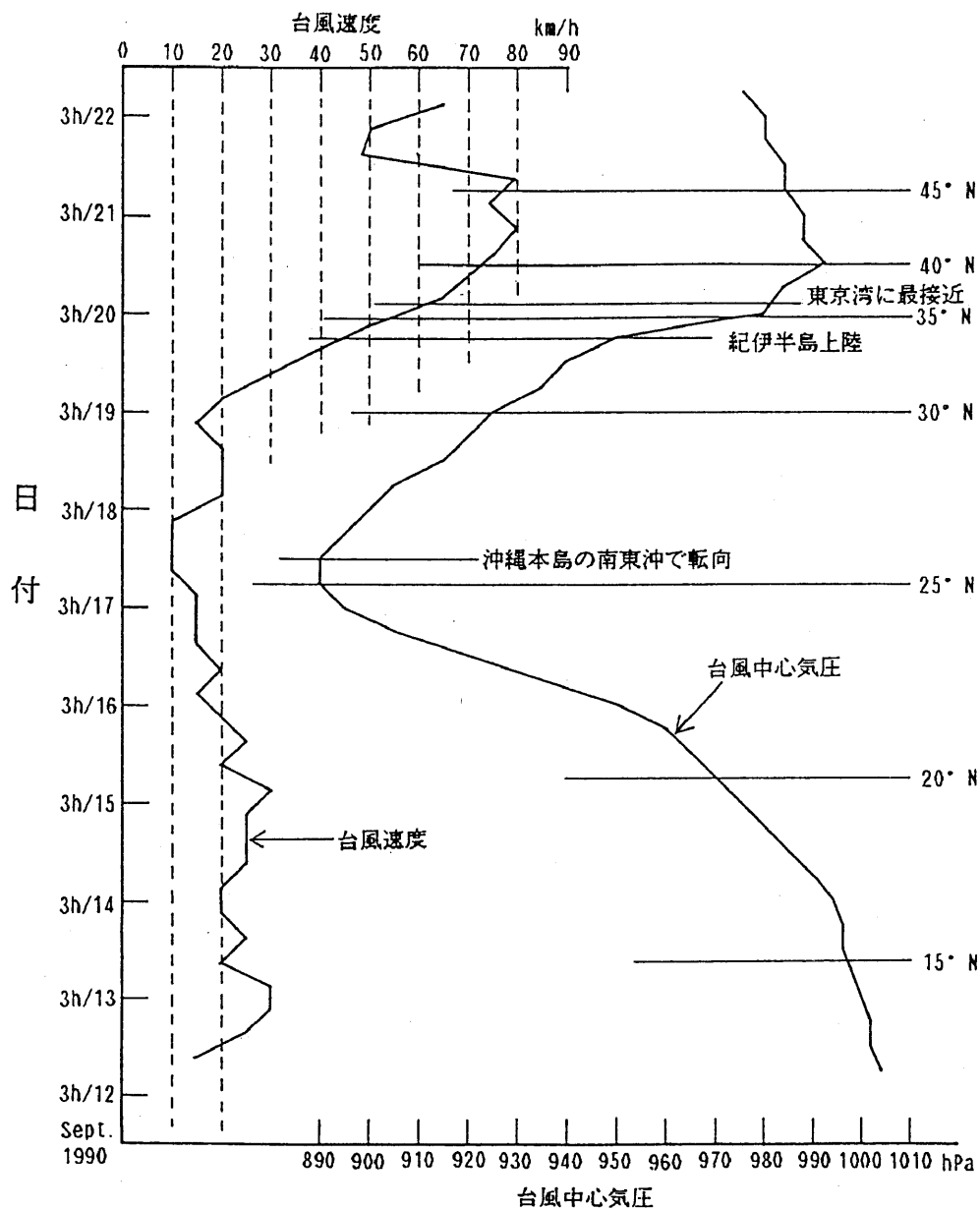


図6.5-7 台風9019号の中心気圧と進行速度の経時変化

## 6.5.4 1979年5月14日の高波

1979年5月13日に中国大陸から東シナ海を東進した低気圧は13日夜半に九州北部に上陸し、次第に発達しながら東北東に進み、14日9時には香川県付近で中心気圧996hPaとなった。その後紀伊半島を横断し、東海地方の海岸線に沿って東北東に進み、15日9時に茨城県付近で中心気圧994hPaを示した後、海上に出てゆっくり減衰しながらはるか東方海上に去った。図6.5-8には13日から15日までの毎日9時の天気図および平塚における風向、風速、波高、周期、気圧の経時変化を示す。14日と15日の天気図で見られるように、低気圧の東側にオホーツク海から南下する1028hPaの優勢な高気圧があり、これと低気圧の間で気圧勾配が急峻になり、低気圧の進行前面で東ないし南東の強風が強化され、高波が発達した。このため、14日には本州の南の沖合で波高3～5m、15日には関東の南の沖合いで7～8mの大しけとなり、3～4m以上の高波域は広く関東の南東海上を囲み、16日もしけが続いた。

図6.5-9には低気圧の経路、および各地の最大有義波高を示す。太い実線は低気圧経路で6時間ごとの位置およびその中心気圧が示してある。沿岸の各観測地点には最大有義波高(cm)が記入しており、それが起こった時の低気圧の位置を細い実線で結んで示した。この図によると5m以上の有義波高を記録したのは江ノ島と鹿島であって、宮城県沿岸から関東東岸にかけて高波が起こり、三陸以北の沿岸では顕著な高波とならなかった。これは低気圧が北緯36度線より北に進むことなく、急速に衰えたためである。

平塚の風と波の観測記録をみると、波は14日10時頃から高まり始め、13時には100cmを越え、22時には最大有義波高490cmを記録した。この時、低気圧は遠州灘にあったから、この高波は低気圧前面の南東風によって起こったものと考えられる。22時以降は次第に弱まっている。

風向風速は欠測が多く、観測は断片的であるが、低気圧が接近する15日3時頃まで北北東の風で、低気圧が通過する前後に南東風になり、通過後北西風に変わったものと思われる。海岸から吹き出す風は波をあまり発達させないから、平塚で観測された高波は低気圧前面の南東の強風で起こった波がうねりとなって進入したものと思われる。波の周期をみると、高波期間中の14日18時から15日5時まで10～12秒で、うねり性の波であることを示している。

相模湾の気象・海象（その2）－渡部ほか

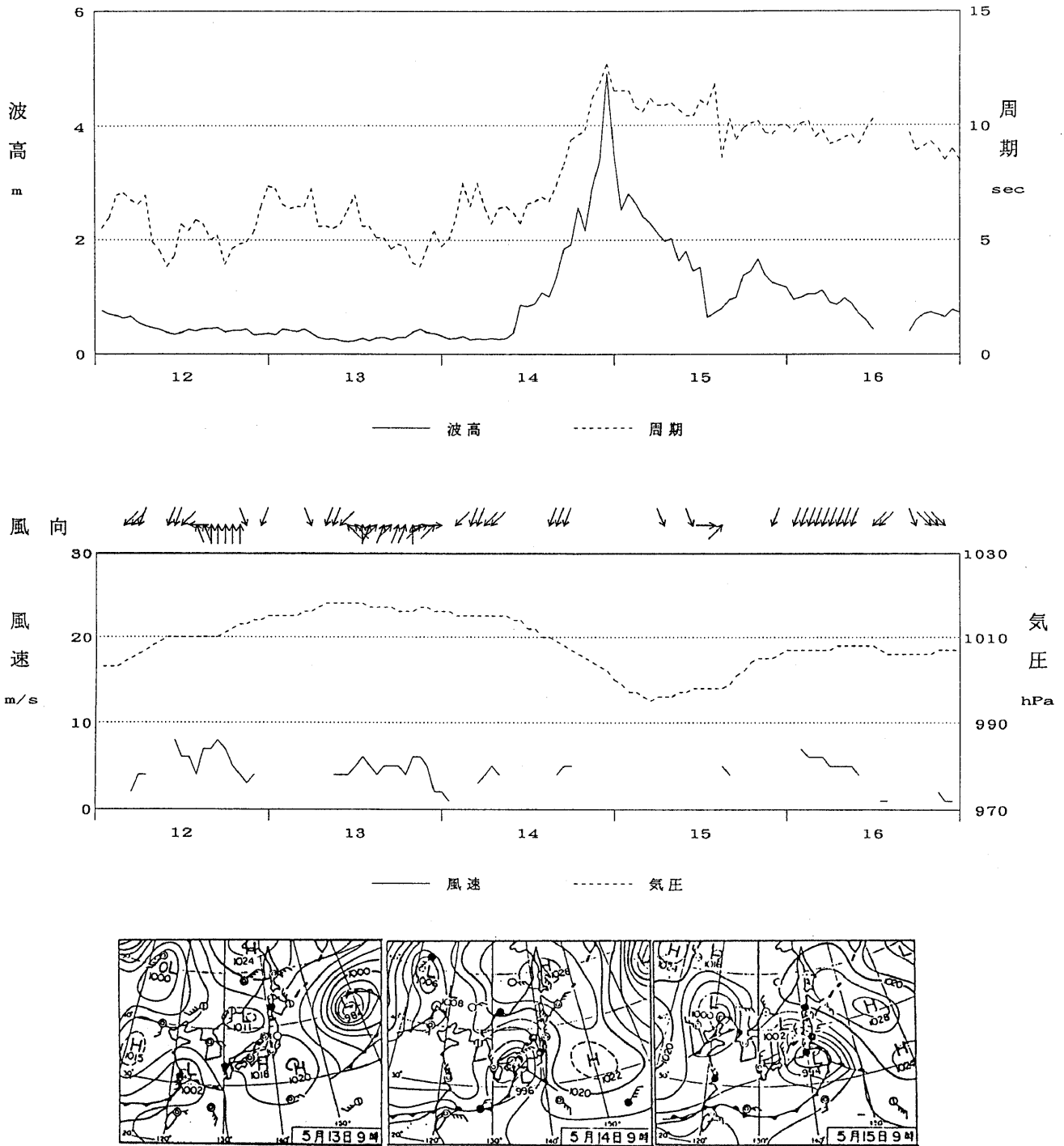


図6.5-8 波浪、風、気圧の経時変化および地上天気図  
(1979年5月12日～5月16日)

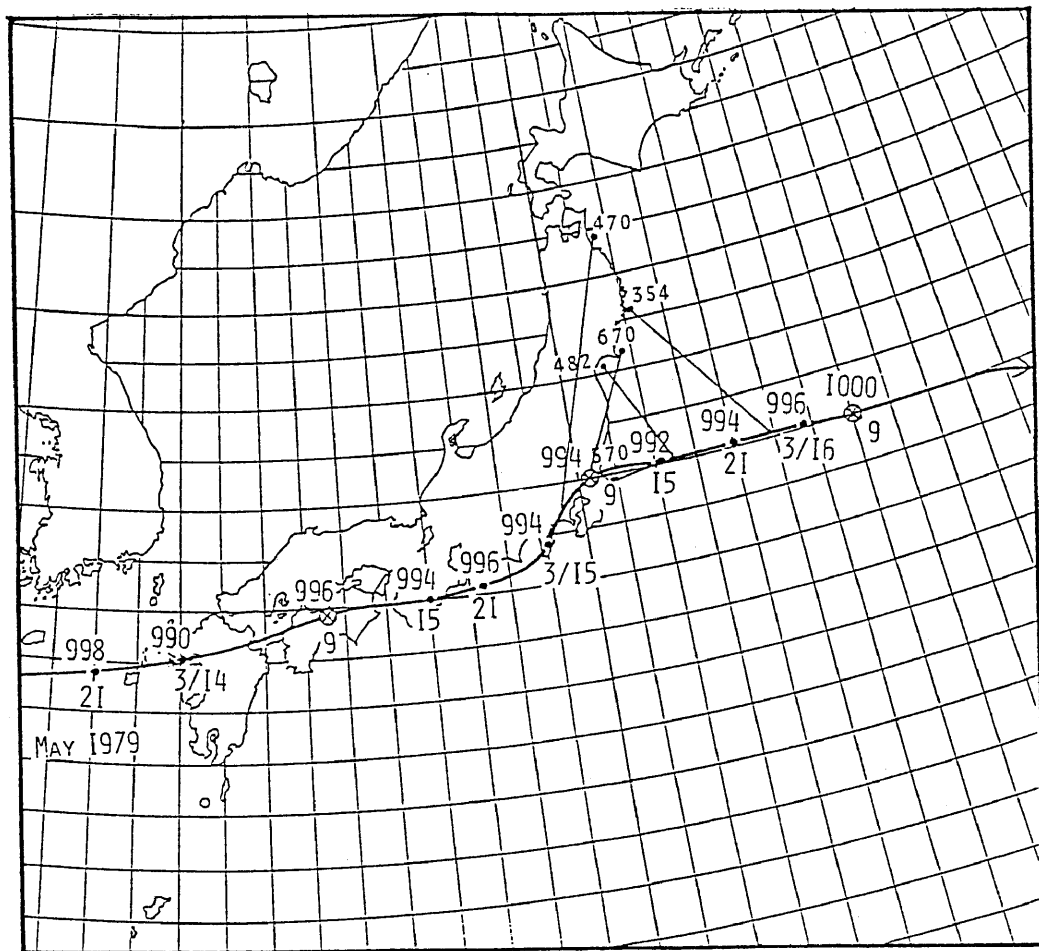


図6.5-9 1979年5月14～16日の低気圧の経路と各地の最大有義波高（cm）

## 6.5.5 1991年2月16日の高波

1991年2月13日21時に台湾の北東沖 $26.5^{\circ}\text{N}$ 、 $124.4^{\circ}\text{E}$ に中心気圧 $1008\text{hPa}$ の低気圧が発生し、北東に進んで14日21時には九州の西南西沖 $30.5^{\circ}\text{N}$ 、 $129.0^{\circ}\text{E}$ において $1004\text{hPa}$ 、15日9時には足摺岬の南約 $200\text{km}$   $31.0^{\circ}\text{N}$ 、 $133.0^{\circ}\text{E}$ で $1000\text{hPa}$ の低気圧となった。

低気圧はこの頃から急速に発達し始め、 $40\sim 50\text{km/h}$ の速度で北東に進み、15日21時には御前崎付近 $34.7^{\circ}\text{N}$ 、 $138.0^{\circ}\text{E}$ で中心気圧 $988\text{hPa}$ を示した。低気圧は更に発達しながら関東地方の西部を北東に進み、いわき市付近から海上に出て、16日9時には金華山の南東沖 $38^{\circ}\text{N}$ 、 $142^{\circ}\text{E}$ で最盛期となり、中心気圧 $972\text{hPa}$ の台風なみの規模を持った低気圧となった。

16日9時以降は最盛期の勢力を保ったまま約 $30\text{km/h}$ の速度で東北東に進み、17日21時には千島列島の南東沖 $42.3^{\circ}\text{N}$ 、 $153.3^{\circ}\text{E}$ の海上に達した。図6.5-10には2月15日から17日までの毎日9時の天気図および平塚における風向、風速、波高、周期、気圧の経時変化を示す。

この低気圧は15日9時から16日9時までの24時間に中心気圧が $28\text{hPa}$ も低下するという猛烈な発達を示し、その後も最盛期の勢力を保ったまま三陸沖を北東に進んだことから各地で強風が吹き荒れた。特に八丈島では最大風速 $20.8\text{m/s}$ （風向W）、最大瞬間風速 $39.6\text{m/s}$ （風向W）、銚子では最大風速 $20.0\text{m/s}$ （風向SE）、最大瞬間風速 $30.6\text{m/s}$ （風向SSE）、八戸では最大風速 $20.5\text{m/s}$ （風向NNE）、最大瞬間風速 $31.9\text{m/s}$ （風向NE）を記録した。この低気圧の通過によって、15日には四国沖から関東東方の海域および日本海西部海域で波高 $4\sim 6\text{m}$ のしけとなり、16～17日には紀伊半島沖から三陸沖にかけての海域および日本海中部で波高 $6\sim 8\text{m}$ の大しけとなった。

この低気圧の通過に伴って、沖縄から北海道までの、主として太平洋岸の各県でたつ巻、強風、大雨、波浪、融雪、高潮などにより多岐にわたる被害が生じたが、海洋関係のみを取り上げると、船舶被害 316隻、水産業被害 1,548,402万円、水産施設の被害 3カ所などがあげられる。特に、2月16日6時45分頃貨物船INDO BARUNA 2（4747トン）が御前崎の南約 $15^{\circ}$ で浸水沈没し、乗員23名が全員死亡するという海難事故が起こった。

図6.5-11には低気圧の経路、および各地の最大有義波高を示す。太い実線は低気圧の経路で12時間ごとの位置、およびその時の中心気圧が示してある。各観測地点には最大有義波高(cm)が記入しており、それが起こった時の低気圧の位置を細い実線で結んで示した。

この図で、常盤から北海道までの太平洋岸のほとんど全ての観測所で $5\text{m}$ 以上の有



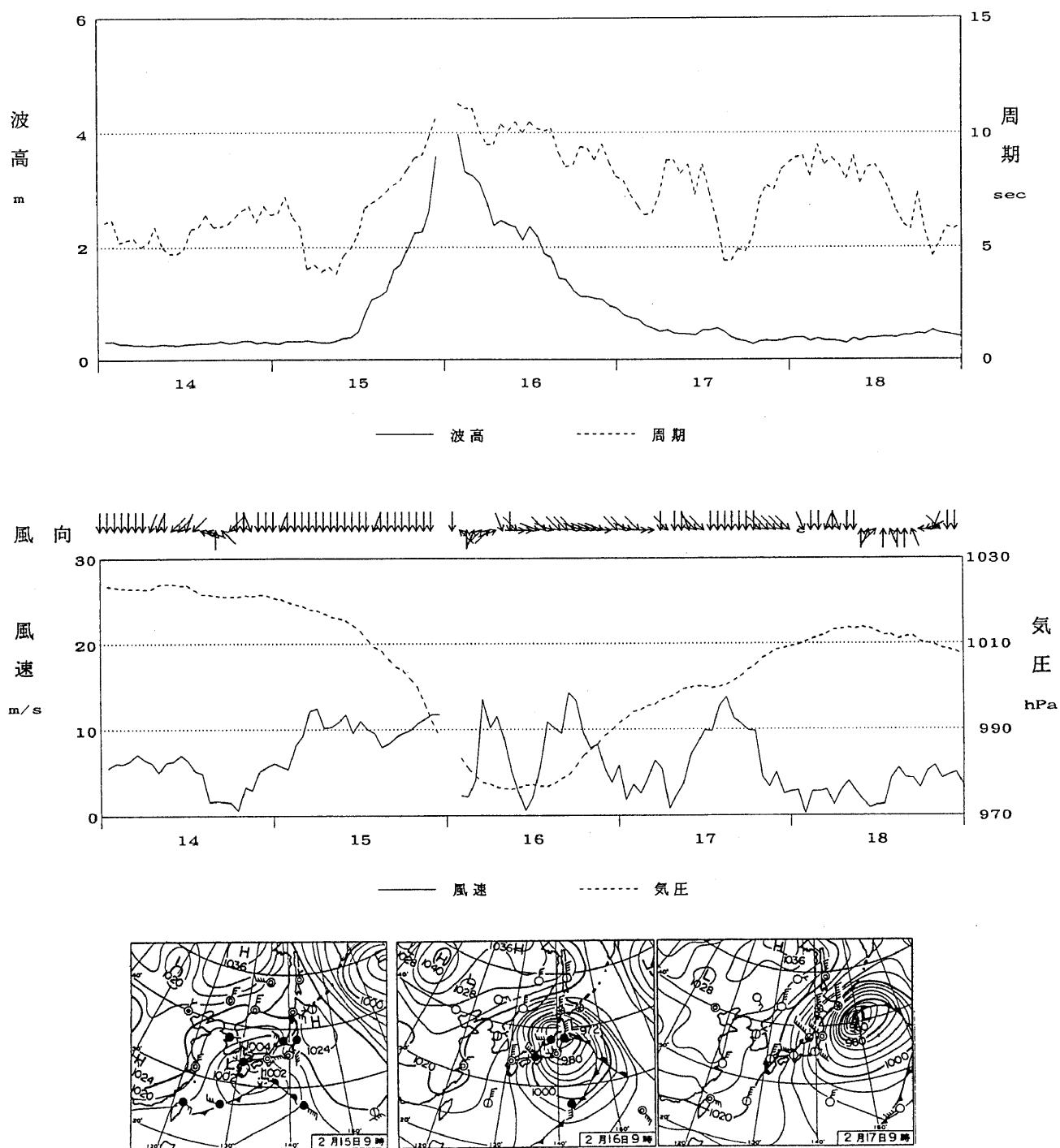


図6.5-10 波浪、風、気圧の経時変化および地上天気図  
(1991年2月14日～2月18日)

義波高を記録している。最も波が高かったのはむつ小川原の9.56mで、江ノ島の8.17m、いわき市沖の観測塔における8.06mがこれに次いでいる。日本海沿岸では新潟以西の観測所で高波を記録している。新潟の7.41が最も高く、輪島の7.16m、金沢の7.05mがこれに次いでいる。

図6.5-10をみると、低気圧が最接近した16日0時頃まで10m/s前後の北寄りの風が継続し、通過後の2時から5時までの間に風が弱まり、風向がSE→S→SWと変化している。その後は10m/s前後の北西風となっている。波は15日昼過ぎから高まり始め、22時には358cmを記録した。23時と24時が欠測で、16日1時には397cmとなり、その後は徐々に弱まっている。最大有義波高は400cm以上であったと思われる。平塚の風向が主として北寄りであったことと、波の周期が11秒前後であったことから、この場合の高波は低気圧前面の南東の強風で起こった高波がうねりとして進入したものであると考えられる。

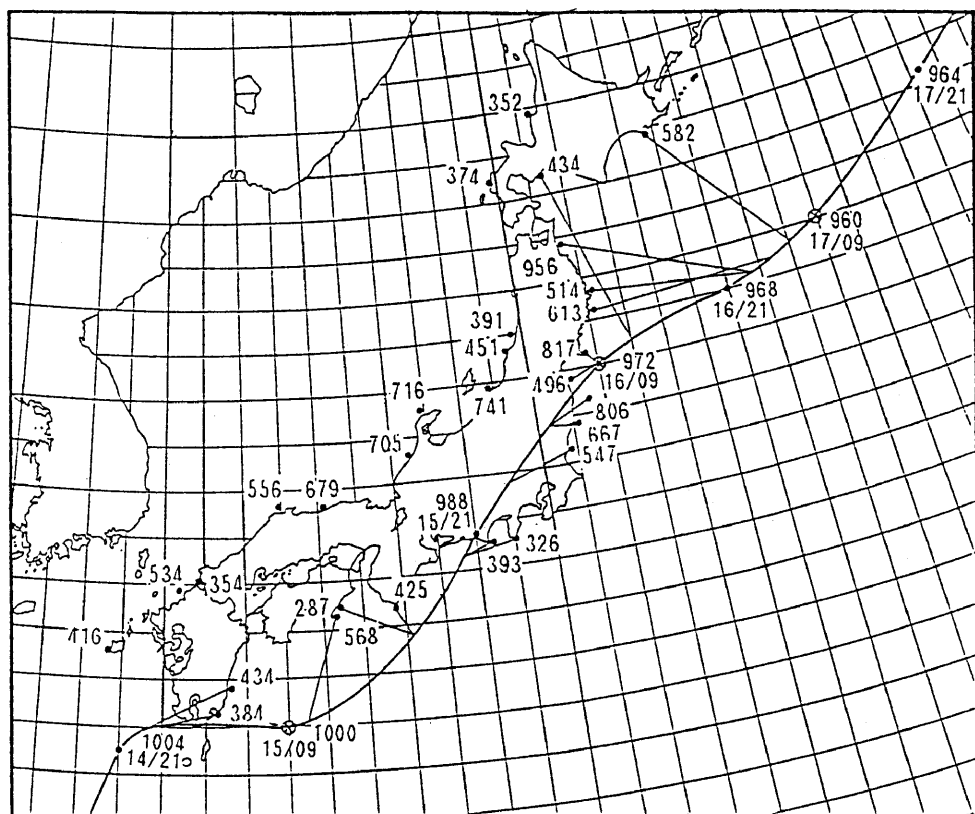


図6.5-11 1991年2月15～17日の低気圧の経路と各地の最大有義波高（cm）

## 6.5.6 1986年12月19日の高波

1986年12月17日朝、東シナ海の北部に低気圧が発生し、暫く北上した後東に向きを変えて進み、18日9時には済州島と対馬の中間の地点に達し中心気圧1012hPaの低気圧となった。その後日本海に入って北東に進み、18日21時には山陰沖で1000hPa、19日3時には能登半島の北北西約160kmの海上で996hPa、19日9時には青森県の西の海上で994hPaと発達した。その後、向きを東に変えて青森県を横断し、19日21時には襟裳岬の南方海上で中心気圧989hPaとなった。

この低気圧は更に発達しながら北東に進んで20日9時には千島列島の中中部で中心気圧972hPaの猛烈な低気圧となり、日本付近は冬型の気圧配置が強まった。

この低気圧の影響により、18日から19日にかけて各地で雷や突風を伴う大雨強風に見まわれた。銚子では最大瞬間風速29.4m/s（風向S）を記録している。

この低気圧に伴って、18日から19日にかけて日本海、および東海道沖から三陸沖にわたる海域で波高4～6mのしけとなった。波浮では有義波高5.84m、石廊崎では5.68mを記録した。

図6.5-12に12月18日から20日までの毎日9時の天気図、および平塚における風向、風速、波高、周期、気圧の経時変化を示す。これによると、南西にのびる寒冷前線を伴った低気圧が18日午後から19日午前にかけて日本海を通過した。寒冷前線が関東地方に接近する前は5～6m/sの北寄りの風であったが、前線が接近した19日6時頃15m/sの南寄りの強風が突風の如くに吹き出している。8時過ぎには北寄りの風が変わって暫く風が弱まるが、12時過ぎには再び南西の風が強まり、21日過ぎまで12～15m/sの強風が続いた。

波は18日9時から19日7時まで欠測になっている。19日8時に有義波高376cmを観測し、その後は徐々に弱まったが、17時頃まで300cm以上の高波が継続した。

石廊崎の観測結果によると、18日は100cm前後の波であったが、19日0時に約200cmの波に成長し、3時には450cm、6時には最大有義波高568cmを記録している。その後は徐々に衰えて19日21時に3m以下になった。平塚の波高変化は石廊崎より1～2時間遅れると考えられるから、平塚の最大有義波高は多分、19日6時あるいは7時に現れたと考えられ、その値は400cmを超えたと推定される。

相模湾の気象・海象（その2）－波部ほか

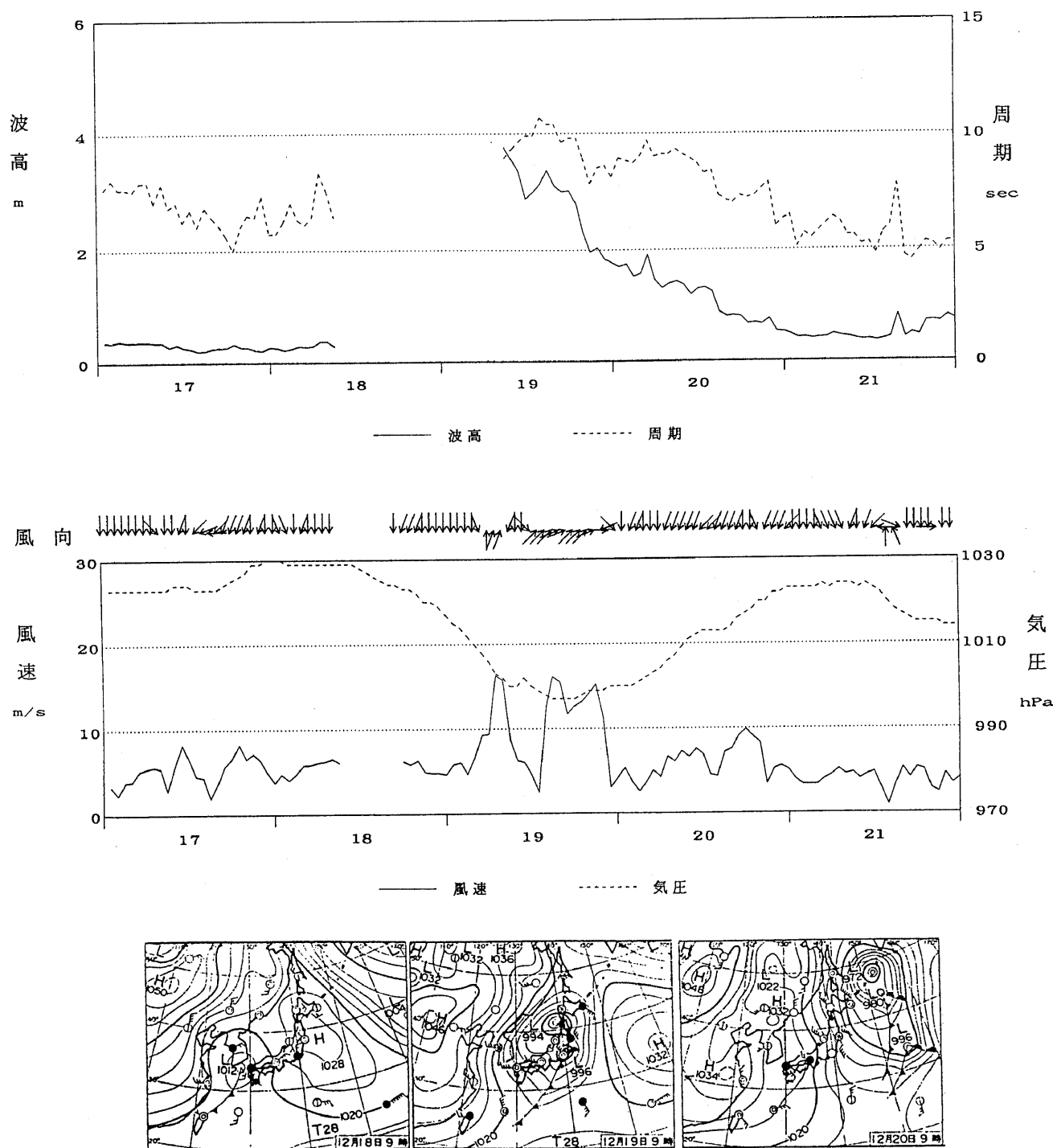


図6.5-12 波浪、風、気圧の経時変化および地上天気図  
(1986年12月17日～12月21日)

## 6.6 モデル台風による高波の推算

相模湾で顕著な高波を起こす気象擾乱は台風である。6.4節で述べたように、この台風にはさまざまな経路を通るものがあるが、それぞれの経路によって発生する高波の特性が異なる。この節では分類した経路ごとの台風によって生ずる高波の特性を数値シミュレーションによって求める。

### 6.6.1 波浪推算の手法

ここで対象としている波浪は風によって発達するものであるから、まず台風に伴う海上風を推算し、この結果を入力データとして波浪を推算する。

#### (a) 海上風の推算

台風によって起こる高波を対象としているから、ここでは一般の気圧場の風分布は考えず、台風域内の風分布のみを対象とする。なお、台風中心付近では構造の空間スケールが小さいため、粗い格子では十分に表現できないし、気象観測データも殆ど得られず、天気図の総観解析で気圧場を精度よく定めることができない。従って、台風域内の風は別のモデルを用いて計算する。ここで用いたモデルは次の通りである。

① 台風域内の気圧分布をマイヤーズの式で近似し、これに基づいて傾度風  $V_{gr}$  を計算する。これは台風中心の周りで円対称の風となる。

② 台風の移動を、水面の渦が周辺の流れに乗って移動するのと同じに考え、台風を移動させる一般場の風を

$$U = \alpha \cdot U_0 \exp(-\gamma / \beta)$$

で表す。ここで  $U_0$  は台風の進行速度、 $\alpha$  と  $\beta$  は台風によって定まる定数（例えば  $\alpha = 0.65$ 、 $\beta = \pi / 500$ ）。 $\gamma$  は台風中心からの距離(km)である。

③ 台風の周りの円対称の風分布と、一般場の風を合成したものが台風域内の風であるとする。すなわち

$$U' = V_{gr} + U$$

#### (b) 波浪の推算

外洋の波浪の計算には、スペクトル法を用いる。用いたモデルは Isozaki and Uji (1973)\* によるものである。この方法はエネルギー平衡方程式

$$\frac{\partial S}{\partial t} + C_g \cdot \nabla S = S_{in} + S_d$$

\* Isozaki, I. and Uji, T. (1973): Numerical prediction of ocean waves. Papers in Met. and Geophy. 24, 207-232.

に基づいており、ソースファンクション  $S_{in}$  と  $S_{ds}$  は5つのエネルギー輸送過程を含んでいる。つまり、①時間に関して線型な成長、②指数成長、③破波、④内部摩擦、⑤逆風による消散である。波の伝播の計算に関しては、エネルギー成分が周波数的にも方向的にも有限の幅を持っていることを考慮して、速度分散及び角分散が合理的に表現できるように工夫されている。風波が十分に発達して平衡状態に達した時の周波数スペクトルとして次のPierson-Moskowitz(1964)のスペクトル\*を用いる。

$$S_{\infty}(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} \exp\left(-\beta \left(\frac{g}{U\omega}\right)^4\right)$$

ここで、 $S_{\infty}$  はPierson-Moskowitzスペクトル、 $\alpha = 0.83 \times 10^{-2}$ 、 $\beta = 0.74$ 、 $U$  は風速、 $G$  は重力加速度、 $\omega$  は角速度である。スペクトル成分は周波数的には0.04Hzから0.25Hzまで22成分であり、方向的には22.5° 毎の16成分である。

基本方程式は次式で表され、計算はこれを周波数と方向に関して逐次積分してゆく方法で行われる。

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -C_g \cdot \nabla S + (A + B \cdot S) \left\{ 1 - \left( \frac{S}{S_{\infty}} \right)^2 \right\} \Gamma(\theta) \quad S \leq S_{\infty}, |\theta| \leq 90^\circ$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -C_g \cdot \nabla S - (D \cdot f)^4 S \quad S \geq S_{\infty}, |\theta| \leq 90^\circ$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -C_g \cdot \nabla S - \{B \Gamma(\theta) + (D \cdot f)^4\} S, |\theta| \geq 90^\circ$$

ここで、 $S$  はスペクトル成分のエネルギー密度、 $C_g$  は群速度、 $A$  はPhillipsの共鳴機構による成長項、 $B$  はMilesの不安定機構による成長項、 $S_{\infty}$  はPierson-Moskowitzスペクトル、 $\Gamma(\theta)$  は方向分布関数であり、 $\Gamma(\theta) = 2/\pi \cdot \cos^2 \theta$ 、 $\theta$  は波向と風向のなす角度、 $D$  は内部摩擦による減衰項、 $f$  は周波数を表す。

### (c) 計算領域

計算領域は、波浪推算の対象海域に向かって遠方から伝播してくるうねりの効果を取り入れるために十分に広くとらねばならない。一方、対象海域内の波浪の分布特性を精度よく求めるには十分に細かい格子間隔が必要である。この両方の条件を満足させるためには多大のコンピュータ計算時間が必要となる。それで、計算経済を考えて

\* Pierson, W.J., Jr. and L. Moskowitz(1964): A proposed spectral form for fully developed wind seas based of the similarity theory of S.A. Kitaigorodskii. Jour. Geophys. Res., Vol.69, No.24, pp.5181-5190.

粗い格子を用いて広い領域を計算し、対象海域を細かい格子で計算するという手法を用いる。ここでは、図6.6-1(a)に示す領域を格子間隔100kmで計算し、この結果を境界条件として図6.6-1(b)に示す海域を50kmの格子で計算する。又、関東南岸から伊豆七島までの海域は図6.6-1(c)に示すように、10kmの格子間隔で計算した。

(d) モデル台風の設定

関東南岸から伊豆七島にかけての海域で顕著な高波を起こす台風のモデルコースとして図6.6-2(a)に示す7例を定めた。図6.6-2(a)は計算期間全体についての経路が示してあり、経路上の黒点は6時間ごとの台風位置を示す。図6.6-2(b)は計算の中領域内の台風経路で、毎時間の台風位置が経路上に黒点で示してある。

モデル台風の規模としては、伊勢湾台風の紀伊半島上陸時の大きさをやや上廻る規模を想定した。すなわち、中心気圧925hPa、1000hPa半径550km、そして気圧分布はマイヤーズの式で表されるものとする。台風の速度は、最初の24時間は静止させて計算し、2日目から20km/hで北上させる。台風が北緯30°に達すると急に加速して40km/hで進むとした。ここでは、台風の経路による高波の挙動の相違に着目したので、台風の規模を変えた推算は実施しない。

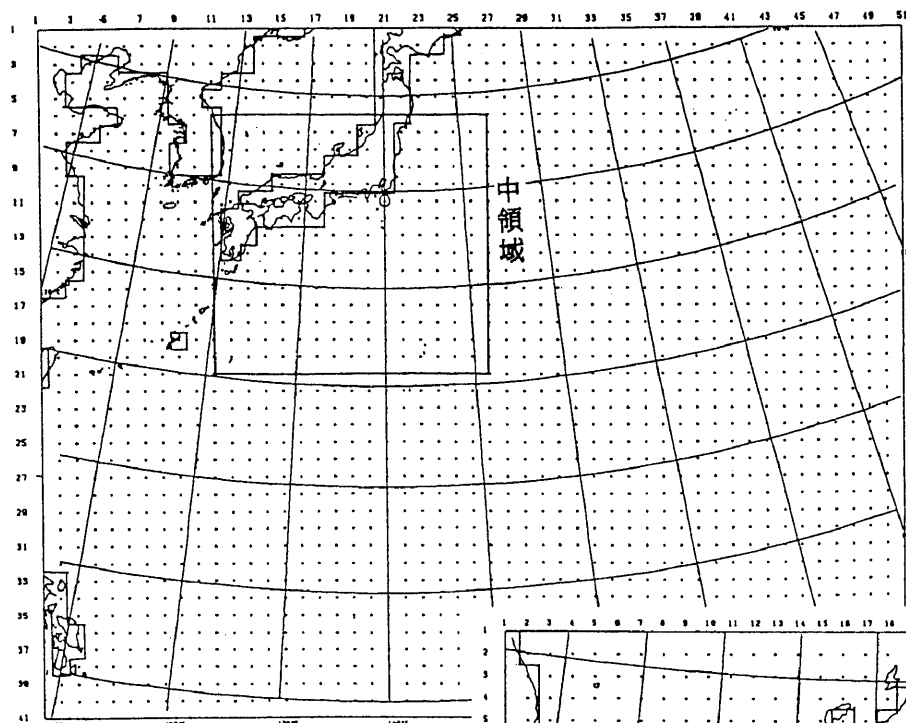


図6.6-1(a)  
波浪推算の計算  
格子点（広領域）

図6.6-1(b)  
波浪推算の計算  
格子点（中領域）

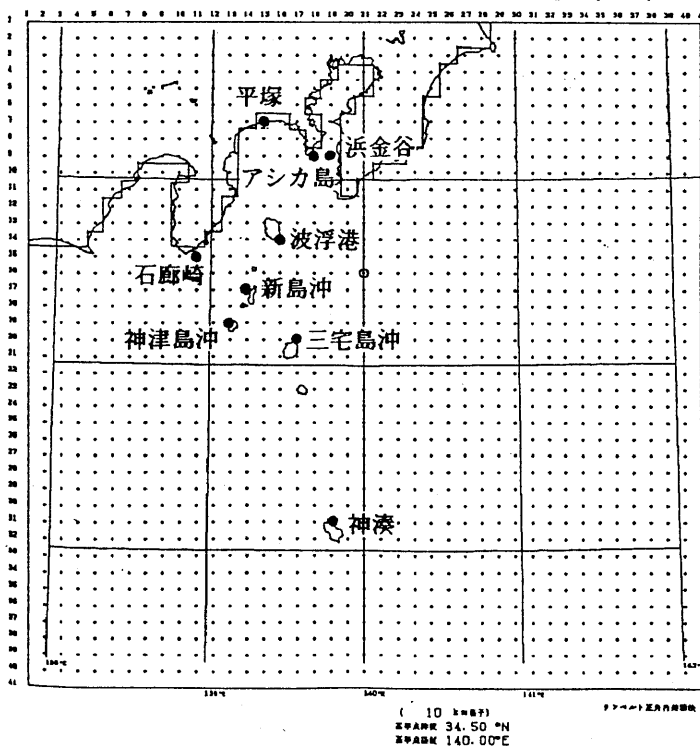
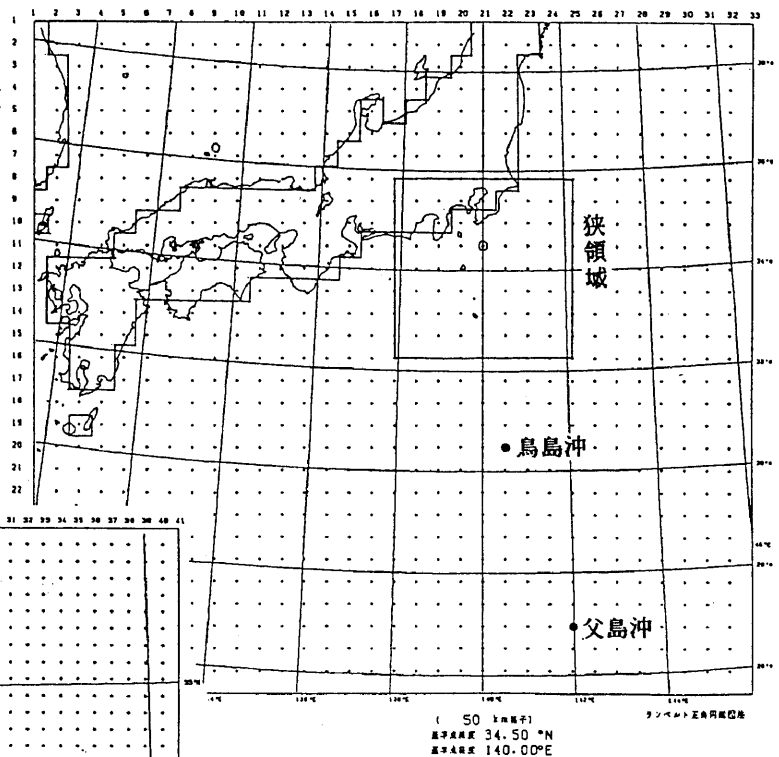


図6.6-1(c)  
波浪推算の計算  
格子点（狭領域）

• は経時変化図の出力地点を示す



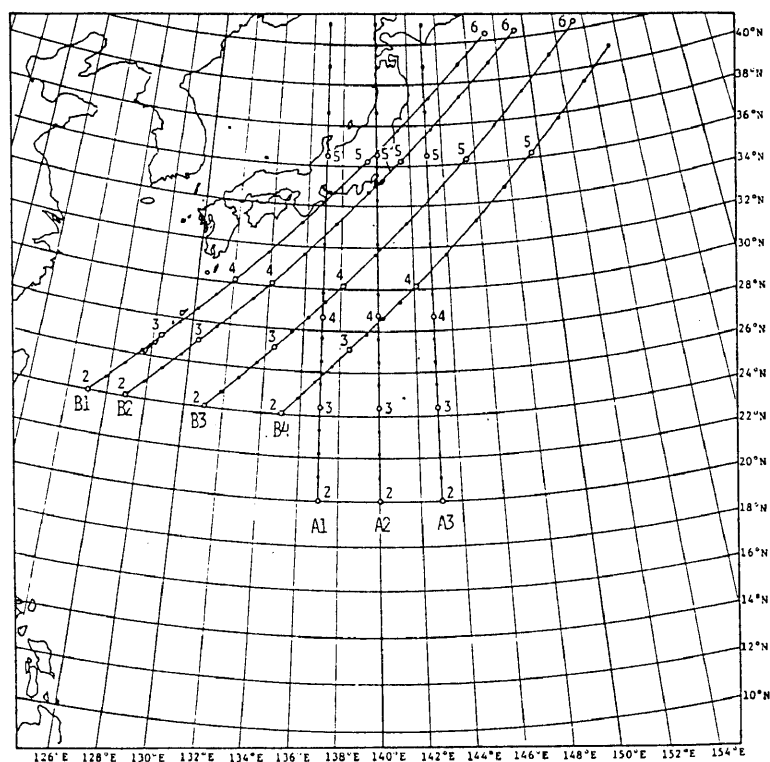


図6.6-2(a) 計算期間全体の台風経路  
経路上の黒点は6時間ごとの台風的位置

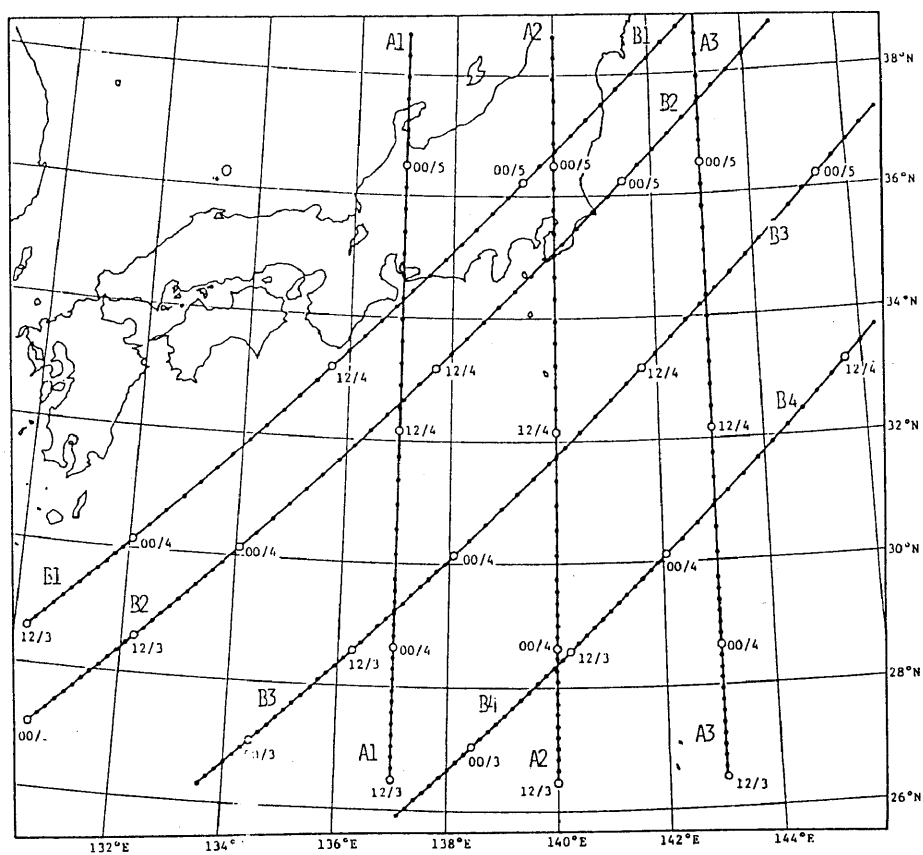


図6.6-2(b) 中領域内の台風経路  
経路上の黒点は毎時間ごとの台風的位置

### 6.6.2 波浪推算結果

#### (a) 各台風経路についての平塚沖の波浪の特徴

それぞれの台風経路について推算された平塚沖の風と波の経時変化を図6.6-3(a)～(g)に示す。計算結果は平塚沖の水深100mより深い場所を対象とした値であるから、水深約20mの観測塔付近の値は計算値より約5%くらい小さいであろう。前節で述べたように、台風モデルの規模は伊勢湾台風を上廻る超大型で、恐らく数100年に1回という大きさである。従って、計算された波高も数100年に1回程度の生起確率の巨浪に相当するであろう。以下に、台風の各経路型についての平塚の風と波の特徴を述べよう。

A 1 型の場合：風はE→SE→S→SWと変化し、台風が最も接近した4日20時頃最大風速が現れている。波浪も風の変化に追従して発達し、4日20時頃最大有義波高918cm、周期13.4秒となっている。波向は全期間を通じてSである。

A 2 型の場合：台風が相模湾に接近して東側を北進するため、風の変化はA1型の場合とは大きく異なる。最初に北東風が次第に強まり、4日18時頃からNE→N→NWと急変し、22時頃最大風速が現れ、そのあとWSWへ急変して徐々に弱まっている。波は15時頃から急に高まり、4日19時に最大有義波高905cm、周期18.0秒が現れている。これは台風最接近時刻より約1時間早く、最大風速より3時間早い。波向はSSEで、風向とは一致しないから、うねり性の波であると推測される。

A 3 型の場合：台風が北上するとともに風はNE→N→NW→Wと変化し、台風が最接近した4日21時頃から約3時間遅れて5日5時頃最大風速が現れている。波は台風が南方洋上を北上するにつれて徐々に高まり、4日10時頃最大有義波高427cm、周期16.2秒に達している。これは台風が最接近した4日21時より11時間も早い。波向はSSEで風向と一致せず、風速も10m/s未満であるから、この波は台風域内から発したうねりである。

B 1 型の場合：相模湾で最も顕著な高波を起こす型である。台風通過に伴って風はSE→S→SW→Wと変化し、最大風速は4日22時頃、台風最接近とほぼ同時刻にSWの風で現れている。波は台風最接近の約5時間前の4日16時頃から急速に高まり、台風最接近時頃最大有義波高10.39m、周期13.7秒となっている。

B 2 型の場合：台風が相模湾の南東側を接近して通過する型で、顕著な高波が起こるが、B1型には及ばない。風は台風の通過前後に短時間の間にE→NE→NWと変化し、その後はWNWとなっている。最大風速は台風通過1時間後の4日20時頃NWの風で現れている。波は台風最接近の約6時間前の4日13時頃から急速に高まり、18時に有義波高

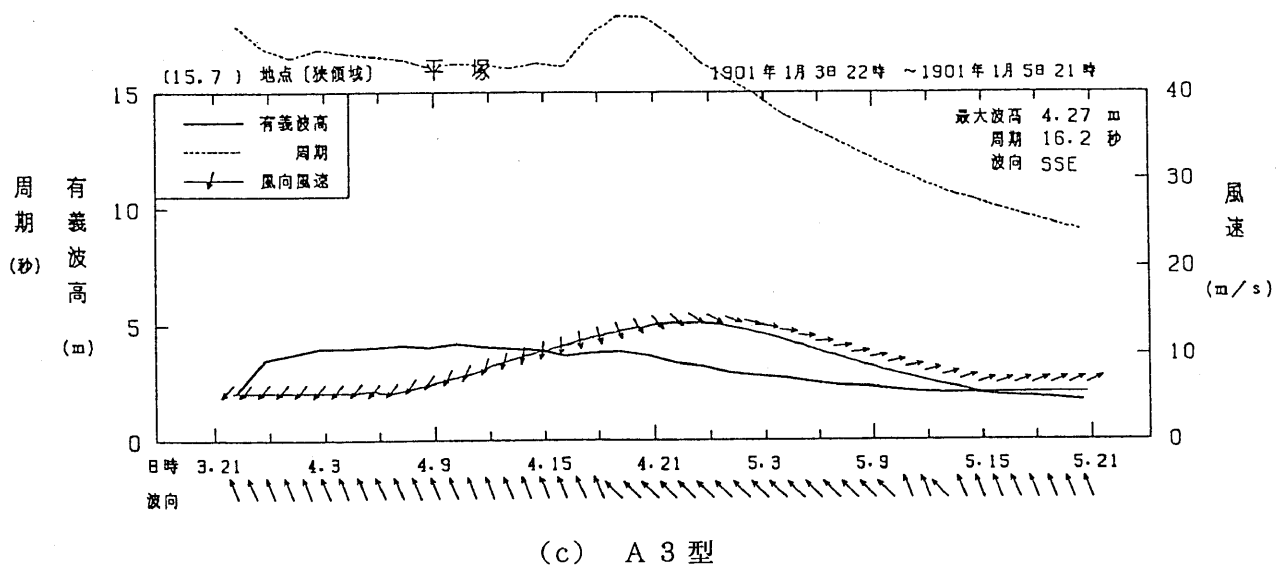
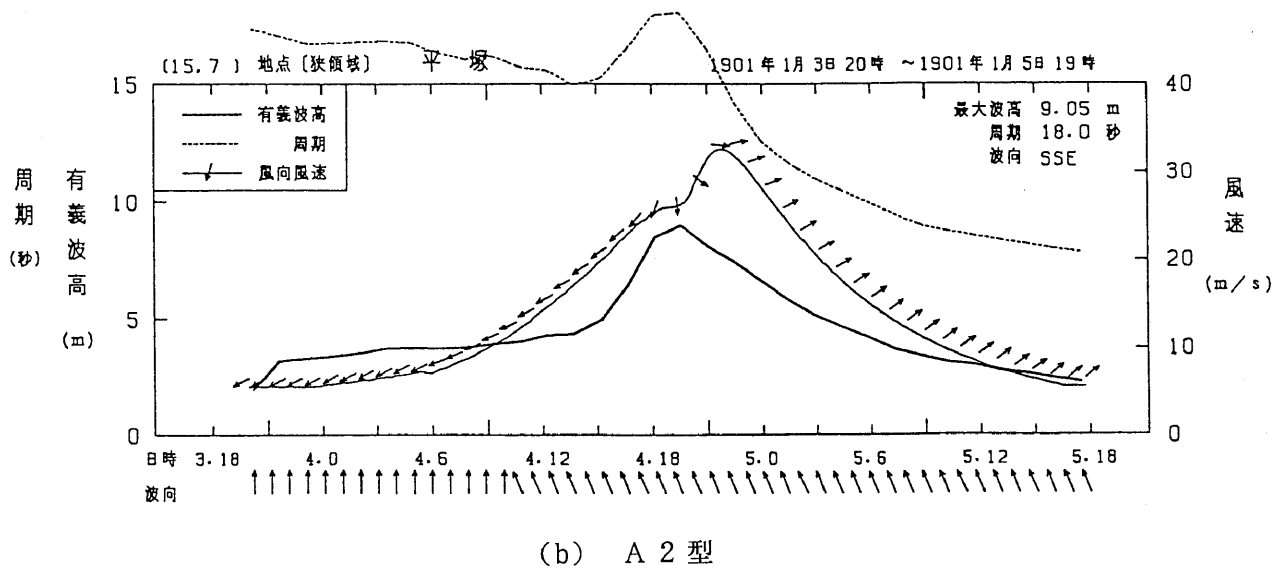
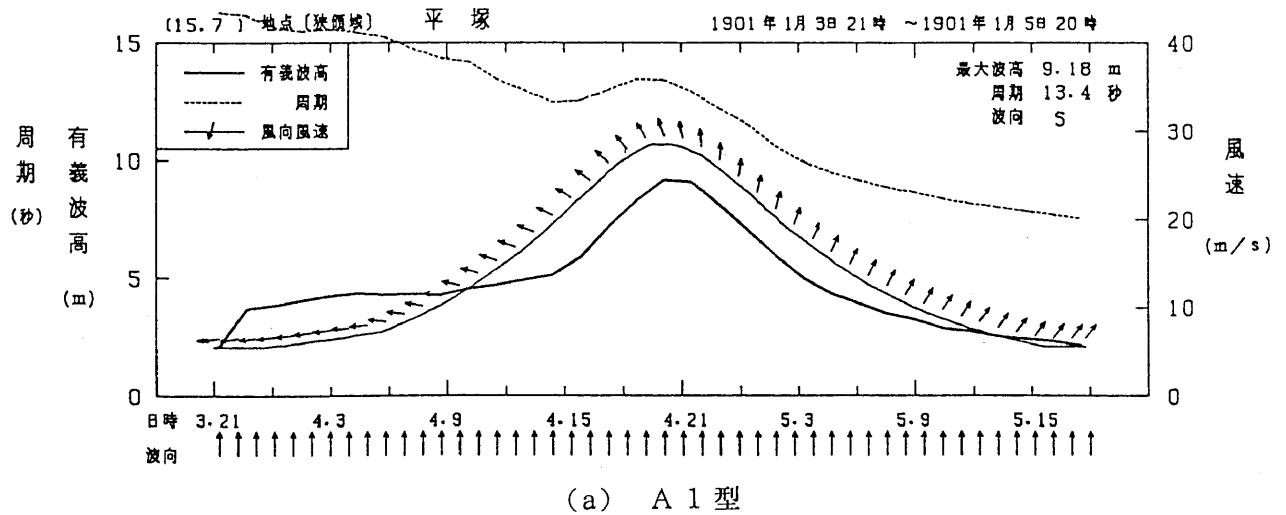
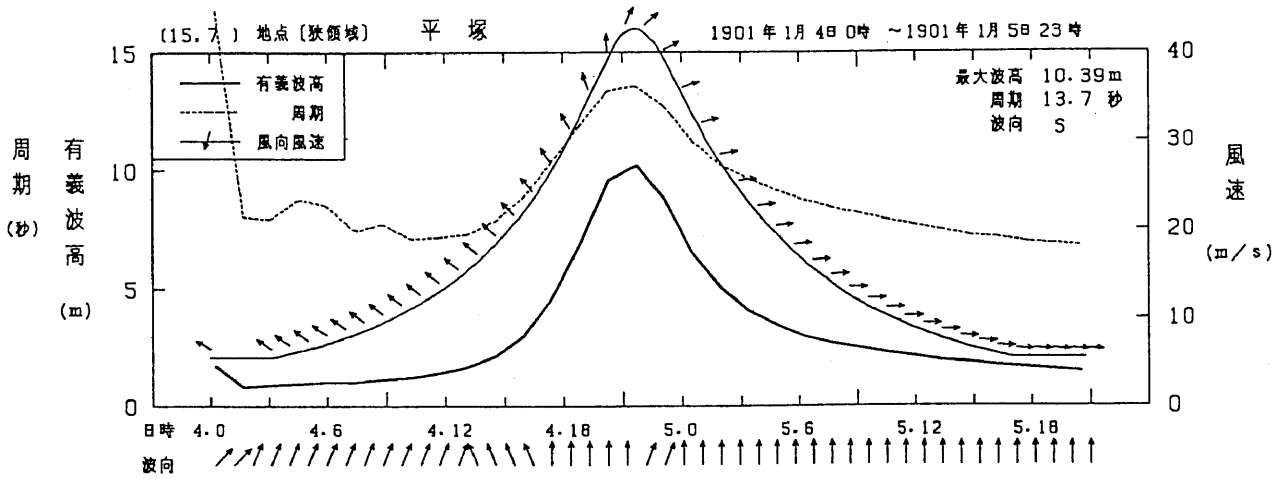
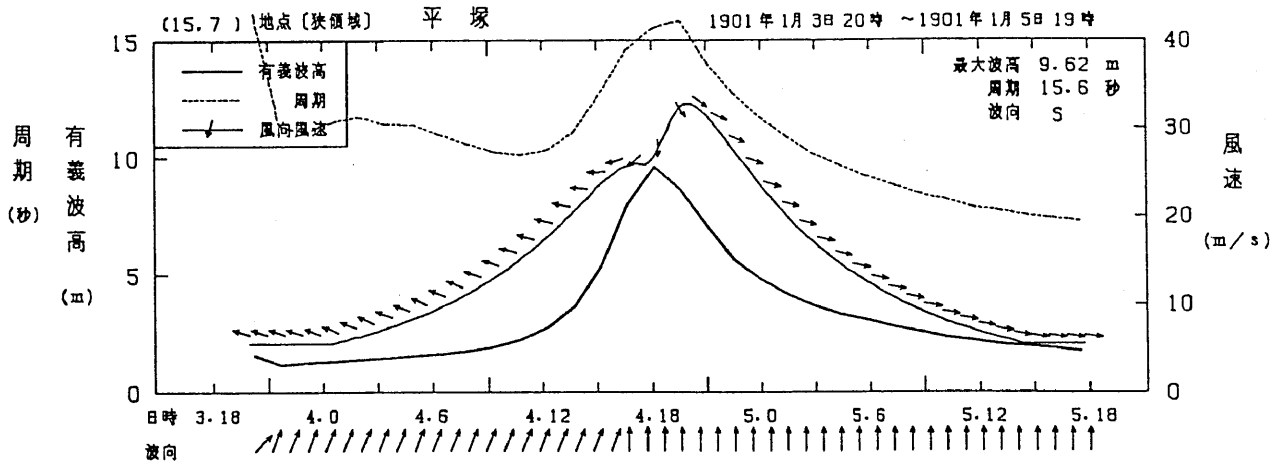


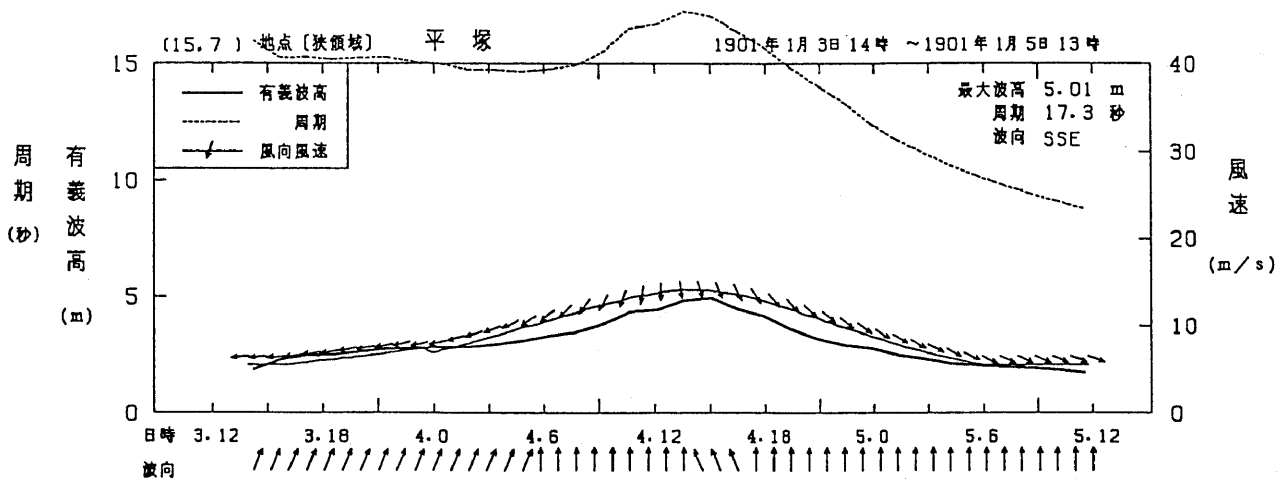
図6.6-3 平塚沖の波浪の推算結果



(d) B 1 型



(e) B 2 型



(f) B 3 型

図6.6-3 つづき

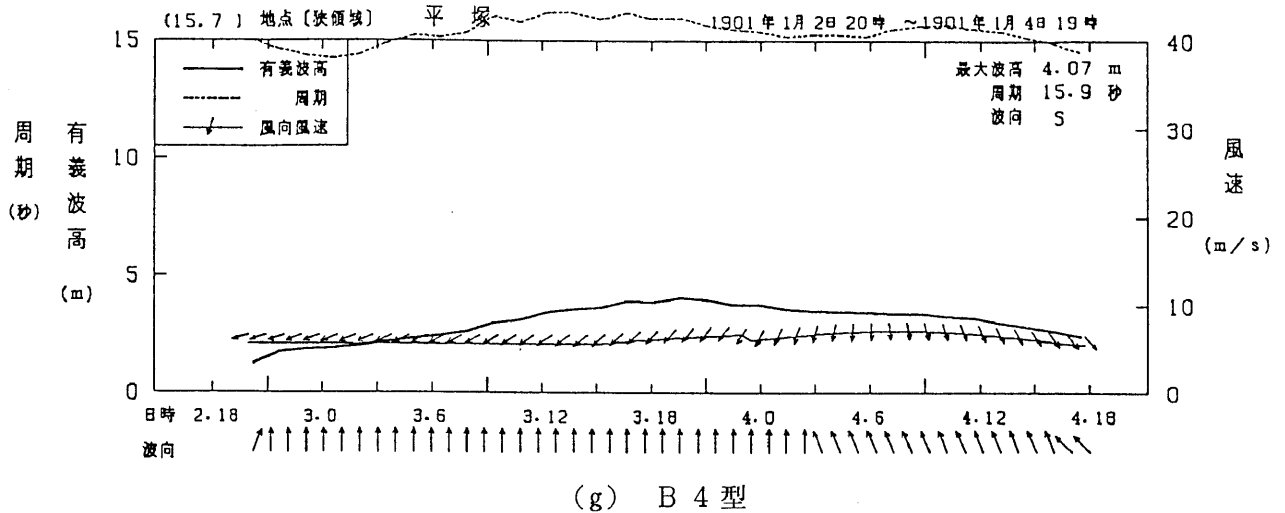


図6.6-3 つづき

962cm、周期15.6秒となっている。波向は期間中SSWないしSである。

B 3 型の場合：台風の通過に伴って、風はNE→N→NWと変化し、波高は風速の変化に追従して変化している。風、波ともに最大値は4日14時頃現れており、これは台風最接近時刻より約2時間遅い。最大有義波高は501cm、周期は17.2秒である。風向が北寄りであるのに対して波向きは南寄りであることから、この高波はうねりである。

B 4 型の場合：台風が南東の沖合をはるかに離れて通過するので、風はNEないしNNWである。風速は10m/s未満で、高波の発達には寄与しない。波浪の経時変化もゆるやかで、顕著な特徴を持たないが、それでも3日2時頃に有義波高407cm、周期15.9秒が現れている。これは台風の最接近時刻より9時間早い。この高波もうねりである。

#### (b) 台風経路と最大波高

ここで扱った7例の台風経路について、相模湾周辺の代表地点の最大有義波高及び周期と波向を表6.6-1に示す。この中の波高をプロットしたのが図6.6-4である。これらの図と表から相模湾の高波の特徴を列記すると次のようになる。

- ① 相模湾で最も顕著な高波は、湾の西側あるいは近傍を北東進する台風（B1型、B2型）によって起こる。
- ② 湾の西側、あるいは近傍を北上する台風（A1型、A2型）による高波がこれに次いでいる。
- ③ 湾の東側を北上する台風（A3型）、および北東進する台風（B1型、B2型）では風は弱い、西側通過の台風の場合に比べて、波高が約1/2程度のうねり性の高波が卓越する。

- ④ 湾口の波浮と石廊崎では、台風が相模湾の西側を通る場合（A1型、B1型）には石廊崎の方が波が高く、台風が東側を通る場合には波浮の方が波が高い。これは定性的には観測事実と一致する（6.4節参照）。

表 6.6-1 代表地点の台風経路別の最大有義波高

台風経路	平塚	アシカ島	波浮	石廊崎
A 1	m sec 9.2(13.4, S)	m sec 10.3(14.2, SSW)	m sec 11.9(13.9, SSW)	m sec 13.7(14.7, SSW)
A 2	9.1(18.0, S)	9.3(13.7, SSE)	12.9(15.3, SSE)	10.4(15.8, SSE)
A 3	4.3(16.2, SSE)	3.9(16.2, SSE)	5.2(15.2, S E)	4.7(16.8, S E)
B 1	10.4(13.7, S W)	13.4(15.1, S W)	15.0(15.2, S W)	16.3(15.7, S W)
B 2	9.6(15.6, S)	12.8(16.4, SSW)	16.0(15.9, SSW)	14.2(15.6, SSW)
B 3	5.0(17.2, SSE)	5.2(16.6, S)	6.5(13.6, SSE)	5.8(14.4, SSE)
B 4	4.1(15.9, S)	4.3(16.1, S)	4.4(15.0, S)	4.3(15.0, S)

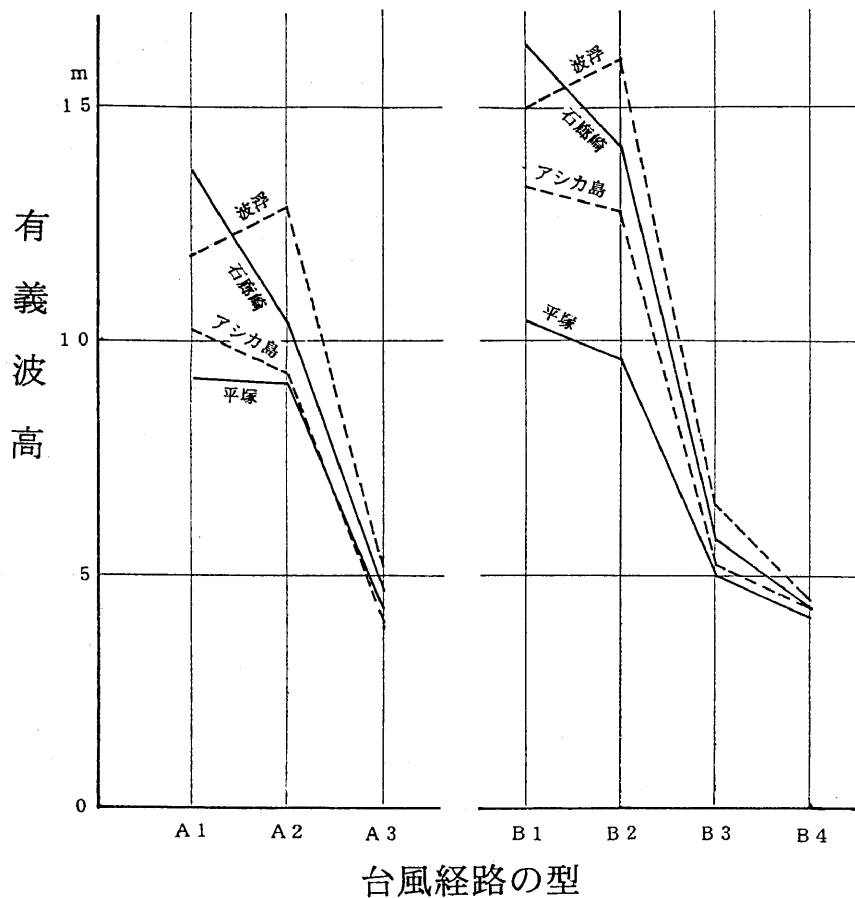


図 6.6-4 代表地点の台風経路別の最大有義波高

## 第7章 高潮と異常潮位

## 7.1 相模湾周辺における高潮の記録

## 7.1.1 高潮の順位記録（1945年以降現在まで）

地 点	第 1 位	第 2 位	第 3 位
布 良	112cm 1958. 9. 26 狩野川台風	81cm 1985. 7. 1 台風第6号	79cm 1979. 10. 19 台風第20号
岡田（大島）	59cm 1981. 10. 23 台風第24号	51cm 1979. 10. 19 台風第20号	45cm 1977. 9. 19 台風第11号
横 浜	95cm 1985. 7. 1 台風第8506	90cm 1949. 8. 31 キティ台風	90cm 1959. 9. 26 伊勢湾台風

## 7.1.2 キティ台風による相模湾の高潮調査報告

## (a) まえがき

昭和24年8月31日夕刻から関東南部はキティ台風に襲われ、相模湾及び東京湾沿岸はかなりの異常潮位を起こし、各地に多大の被害をもたらした。この報告は海上保安庁水路部が9月5日から5日間、両湾沿岸に調査班を派遣して、当時の高潮と港湾の被害状況を調査した結果のうち、相模湾について記述したものの抜粋である。

〔海上保安庁（1950）：キティ台風による東京湾および相模湾の高潮調査報告、水路増刊号、第5海水編、1-23、気象庁（1949）：気象要覧より〕

## (b) 気象概況

## (1) キティ台風発生以来の経路（図7.1-1）

この台風は8月27日早朝マークス島東方約200kmの海上に発生した熱帯性低気圧が次第に発達しながら西北西に進み、28日9時には本格的台風となったもので、キティと名付けられた。その後は進路を北西にとり30日21時には鳥島の東方約200kmに達し、進路を北西に転じ、31日10時には八丈島を通過し、同島では9時52分から10時54分まで約1時間にわたって台風の眼を観測し、最低気圧は957.3hPa、最大風速は南西の風33.2m/s、最大瞬間風速は42.7m/sであった。その後台風は駿河湾に進むように見えたが、17時には急に進路を北に転じて速度を増し、18時には大島の西方を経て、19時過ぎに網代の東を通り、小田原の西方に上陸、上陸時の中心示度は960hPaと推定された。こ

の台風の通過に際し関東各地に多大の被害を与え、次第に弱まりながら新潟付近から日本海に抜けた。図7.1-1に8月21日6時の地上天気図と台風の経路図を示す。

## （2）台風通過前後の気象状況

本台風に襲われた関東南部では、31日昼頃から暴風雨となり15m/s程度の偏東風が数時間連吹したが、18時頃から南東に転じ風速は漸次強勢となり19時には、東京では気圧986.4hPa、風向ESE、風速20m/s、横浜では気圧981.5hPa、風向SSE、風速28m/s、伊東では18時には気圧967.9hPa、風向NNW、風速20m/s程度に達し、以後風向は南から南西に順転し、台風の北上と共に風速は漸次に減少している。

## （c）高潮の経過概要

31日正午頃から京浜地方、相模湾沿岸は偏東風が連吹したため、両湾西側は次第に水位が上昇し始めた。台風が上陸した夕刻頃から風向は次第に南に転じ、相模湾西部伊東付近では19時頃水位は最高に達した。東京海湾ではこのころ湾外の海水が盛んに湾内に流入して湾内各地の水位はなお上昇を続けていたが、高潮時の21時頃には更に強烈な南風が連吹したため、湾奥部はこのころ水位は最高を示し、堤防を決壊あるいはこれを乗り越えるほどの高さに達したのである。台風の影響の薄らいだ24時頃からは各地とも急激に水位が下降している。

## （d）高潮の高さと測定結果

### （1）高潮の高さとその決定法

高潮の高さを説明するにはある一定の標準面上の高さが用いられることが多いが、ここでは当時の予定面すなわち台風が襲来しなかった場合、潮汐常数によって予め推算される水位の上に台風のために起った高潮によりどれだけ水かさを増したかをもって高潮の高さと定義する。高潮の高さの測定は驗潮記録のある場所以外は測定時の潮位や水準標を基本としてY-Levelを使用して家屋等に残った明かな冠水の跡からその高さを測定し、状況によっては、栈橋、護岸等で付近の人の証言によってその高さを測定した。高潮の最高水位時刻は驗潮記録及び土地の人の言によりその時刻を推定したが、高潮の最盛時が夜に入ったため、驗潮所のある場所以外は材料に乏しく信用できるものが少ない。

### （2）測定結果（図7.1-2、表7.1-1）

今回の高潮は東京海湾、相模湾とも、大正6年10月に襲来した高潮に次ぐ大規模のもので、沿岸に設けてある驗潮所の中には激浪のため破壊されたり、故障のため使用に耐えなかったりしたものもあったが、完全に自記しているものもあるので、これらとLevelにより実測した材料とから測定した各地の結果は次のとおりである。



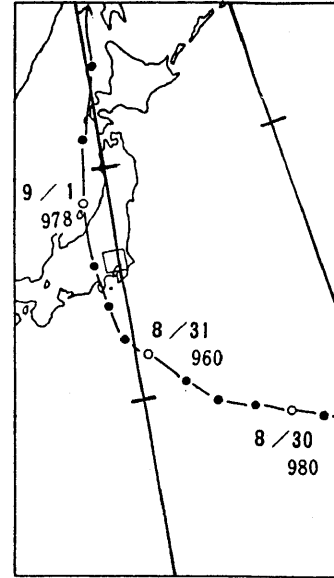
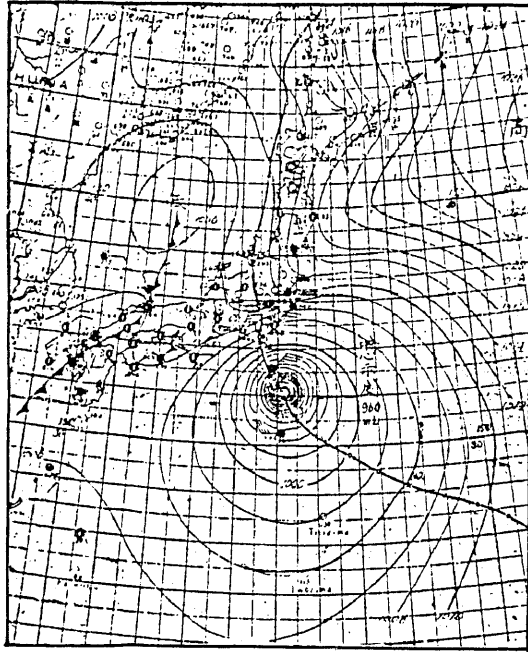


図7.1-1 昭和24.8.31.06の地上天気図  
及びキティ台風経路図

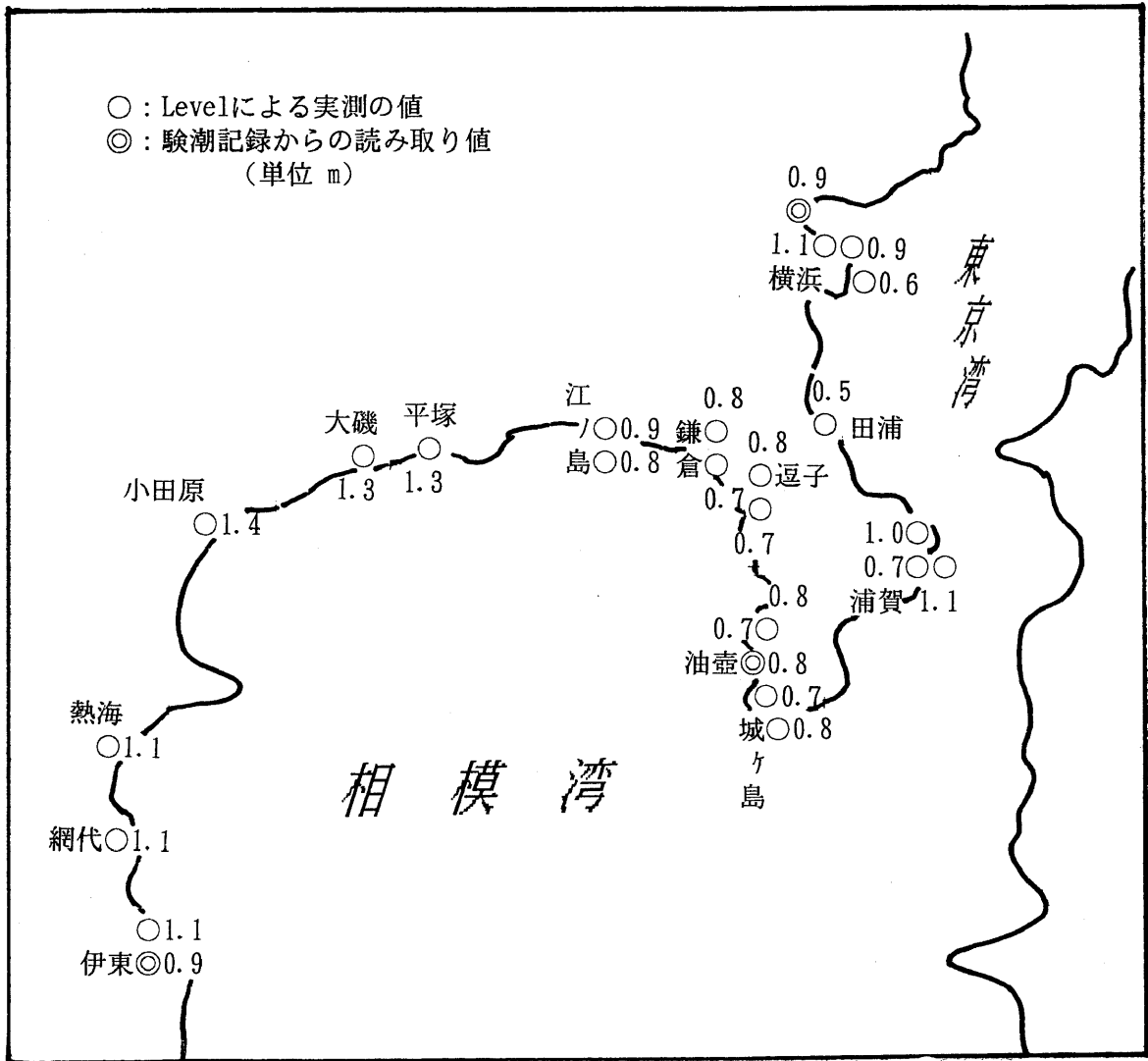


図7.1-2 キティ台風来襲時の相模湾における高潮分布図

表7.1-1 相模湾沿岸各地点の測定結果

場 所	高潮の高さ ( m )	最高水位時刻	摘 要
伊東市	0.9	18:40頃	験潮記録
〃 (河口付近)	1.1	〃	現地調査による実測
網代町	1.1	19:00頃	〃
熱海市	1.1	21:30頃	〃
小田原市(早川河口)	1.4	〃	〃
大磯町(花水川河口)	1.3	〃	〃
平塚市(相模川河口)	1.3	〃	〃
江ノ島(片瀬川河口)	0.9	21:00頃	〃
〃 (江ノ島南東海岸)	0.8	〃	〃
鎌倉市(由比ヶ浜滑川河口)	0.8	〃	〃
〃 (飯島)	0.7	〃	〃
逗子町(田越川河口)	0.8	〃	〃
油壺験潮所	0.7	20:30頃	験潮記録
〃	0.8	〃	現地調査による実測
三崎町警察署前	0.8	20:00頃	〃
〃 渡船場前	0.7	〃	〃
城ヶ島(同島北側)	0.8	〃	〃

なお、以上の結果からみると同一場所における験潮記録と実測の結果はほぼ一致しており、一般に東京海湾は相模湾に比べて高潮は大きく、また同じ港内でも直接外海に面した所と突堤内の窪んだような所では比較的その差も大きいことが認められた。

#### (e) 各地の高潮と港湾施設等その他被害状況

調査範囲は伊東から城ヶ島に至る間である。相模湾沿岸は験潮所が少なく、当時は伊東(中央气象台所属、アレス型)と油壺(地理調査所所属、ケルビン型)の2ヶ所に過ぎない。しかも油壺の記録は高潮の最盛期に欠測していたので、完全な記録は伊東のみで、湾内各地の水位の変化状況を知ることは困難である。

相模湾の高潮は東京湾に比べて一般に小さいが、直接外海に面した沿岸各地では高潮に加えた激浪のために、相当の被害を受けた。以下被害のあったところのうち、主なものを拾ってみると次のとおり。

## A. 伊東港

### (1) 高 潮

場 所	高潮の高さ	最高水位時刻	摘 要
伊 東 市	0.9m	18:40頃	実測：波浪は最高水位の頃 防波堤外側で波高4m、 内側で1.5m位
同河口付近	1.1m	〃	〃

31日午後から強い偏東風を受けて水位が上昇し始めていたが、18時頃、台風の中心が伊東付近を通過してから風向は急激に南西に変わり、18時40分頃水位は最高に達した。各時刻の水位変化は験潮記録によりわかるが、副振動は0時頃から顕著になり、11時から増大して、最大振幅は14時40分に66cmを示し、20時頃減少し始めた。

### (2) 船舶の被害

在港船舶の被害は大破15隻、中破14隻、小破21隻であるが、これらの大部分は30t未満の漁船である。

### (3) 港湾施設の被害

- (A) 第1防波堤、全壊流失、延長35m。
- (B) 第2防波堤、構内側根固め捨石決壊3ヶ所、延長140m。
- (C) 第1防波堤から第2防波堤に至る岸壁根固め破損、延長60m。
- (D) 岸壁船揚場張石流失、延長120m。
- (E) 玖須美埋立て地3,000m<sup>2</sup>の工砂中2,500m<sup>2</sup>流失。

## B. 網 代

### (1) 高 潮

場 所	高潮の高さ	最高水位時刻	摘 要
網代町	1.1m	19:00頃	実測：19時頃波高3mぐらいであつたとのことである

当地においては18～19時頃風向NE、風速は20m/sを越えたが、台風通過後風向は急激に南に回り、強勢な南風が連吹したので、南側海岸に係船していた漁船は大部分北側海岸に圧流され、次のような被害を受けた。

### (2) 船舶の被害

- (A) 流失、漁船（動力船8、無動力船14）22隻。

(B) 大破、漁船（動力船3、無動力船2）5隻。

(C) 中破、漁船（動力船8、無動力船5）13隻。

(D) 小破、漁船（動力船7）7隻。

(3) 港湾施設その他の被害

岸壁、防波堤の基部の破損数ヶ所。漁業関係の施設、流失または全壊倉庫80、半壊11、家屋の流失11、全壊32、半壊15、床上浸水76、床下浸水148、定置漁網5。

C. 熱海

(1) 高潮

場 所	高潮の高さ	最高水位時刻	摘 要
熱海市	1.1m	22:00頃	実測：高潮の最盛時において波高は7m程度に達した

各時刻の水位の変化状況ははっきりしないが、台風通過後の強い南風の連吹と満潮時が一致したため、高潮に伴う激浪は岸壁を乗り越え、海岸道路に面した家屋を全壊または流失するほどの高さに達し、多大の被害をもたらした。

(2) 船舶の被害

漁船 流失32。

(3) 家屋その他の施設の被害

(A) 家 屋

区 別	全 壊	半 壊	流 出	床上浸水	床下浸水
住 家	19	59	28	214	29
非住家	4	4	10	4	-

(B) その他の施設

防波堤、突堤の破損数ヶ所。海岸道の決壊、破損数ヶ所。

D. 真 鶴

(1) 高 潮

高潮は最盛時においてその高さ1.3～1.4mぐらいと推定されるが、測定値がないのではっきりしない。

(2) 船舶の被害

(A) 沈没漁船（5t）1隻。

(B) 大破漁船(10t) 2隻。

(C) 中小破漁船(10t) 10隻。

(3) 港湾施設の被害

(A) 北防波堤、180m ぐらい沈没または割れ目を生じた。

(B) 南防波堤、60m 北方の1/3部分が沈下した。

(C) 突堤、破損した。船揚場、840㎡破損。

(D) 護岸、3,368m 割れ目を生じ、または破損した。

(E) 北防波堤燈台は傾斜し消燈し、突堤先端の燈標も消燈した。

(F) 家屋 流失6、全壊6、半壊7。

E. 小田原

(1) 高 潮

場 所	高潮の高さ	最高水位時刻	摘 要
早川河口	1.4m	21:30頃	実測：波高は最高7m程度に達したという

16時頃北の風約8m/sぐらいで次第に強くなっていったが、19時頃一時無風の状態となった。以後風向は南に転じ21時頃には20m/s程度に達し、高潮はこの南風と満潮時と合致した21時過ぎが最高を示した。

(2) 船舶その他の被害

漁船の大部分は真鶴、伊東方面に避難して被害を免れた。防波堤は被害がないが、漁業会館前面の船揚場のうち、約460坪が崩壊流出した。家屋の被害は流出28、倒壊21、半壊33、浸水は床上床下を合わせて234戸である。その他漁網の流出、プールの全壊等相当の被害を受けた。

F. 油 壺

(1) 高 潮

場 所	高潮の高さ	最高水位時刻	摘 要
油壺験潮所付近	0.8m	20:30頃	

験潮儀故障のため20時から欠測しているので最盛時の潮位は、はっきりしない。副振動は普通の状態で5cm程度であるが、8月31日0時30分頃まで7cm程度で現われ、

10時過ぎからは11cm～12cmとなり12時には14cmとなった。19時頃風速も最大となり、振幅も19cmとなったが以後次第に小さくなっている。

(2) 船舶、港湾施設、航路標識等は異常がない。

### G. 三 崎

#### (1) 高 潮

場 所	高潮の高さ	最高水位時刻	摘 要
三崎警察署前	0.8m	22:00頃	実 測
同 渡船場	0.7m	22:00頃	〃

#### (2) 船舶の被害

座礁10隻（内訳、引き船すれば離礁可能3隻、自力離礁可能7隻）

(3) 港湾施設の被害はない。

#### (4) その他

三崎水産試験場の台風来襲中における目測による波高の観測は次の通り。

時 刻 h m	波 高 m	風 向	風 速 m/s	雨 量 mm	気 圧
11:00	1.5	E	12		18時30分 最低982.6hPa
13:00	2.0	S E	13	37.6	
15:00	3.0	S E	15		
17:00	3.5	S E	20	17.6	
19:00	4.0	S	30		
21:00	4.0	S	25		

### 7.1.3 1979年20号台風による高潮・高波の調査報告

この報告は、都司（1981）が調査した結果\*の抜粋である。

#### (a) はじめに

1979年10月19日から20日にかけて大型台風20号が日本列島を縦断した。台風は和歌山県白浜町付近に上陸し、その後岐阜市付近、新潟市の南を通して、岩手県宮古市のあたりで三陸沖へぬけ、北海道根室市付近で再上陸するというコースをとった。19日の午後、時速75kmの速い速度で北東に進む台風の進路の東側の暴風圏に入った東海地方、南関東地方の沿岸部では、最大瞬間風速が40m/sにも達する南南西の強風をうけ、駿河湾、相模湾、東京湾など南に開いた湾の沿岸では高波・高潮による著しい被害を出した。

台風ののち著者は、駿河湾、相模湾の各地を踏査し、目撃者の証言調査と、それにもとづく高潮到達水位の測量を行なった。伊豆・賀茂村の宇久須では老人から、60年

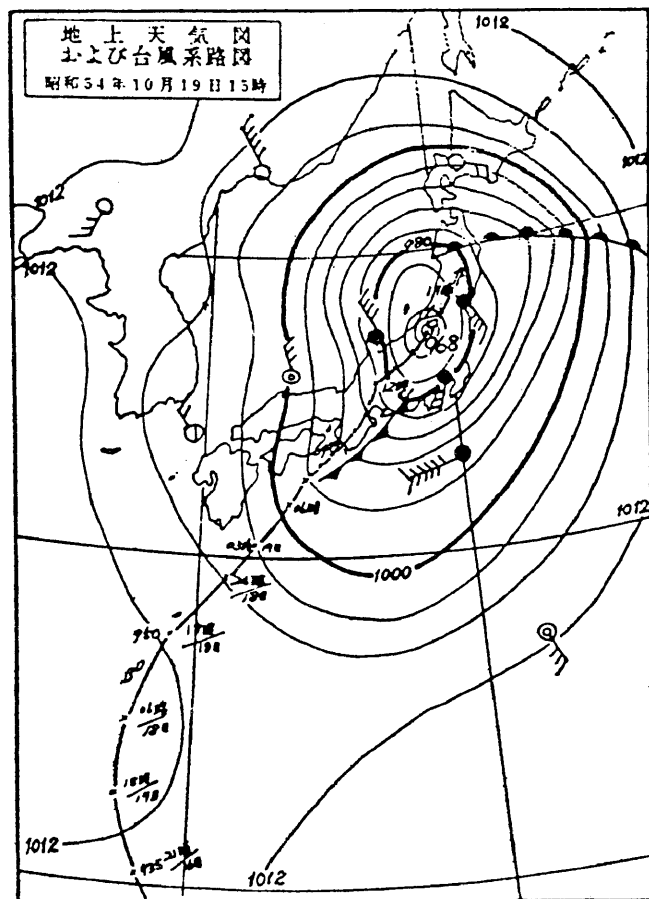


図7.1-3 台風7920の進路

\* 都司嘉宣(1981)：1979年20号台風による高潮・高波について．国立防災科学技術センター研究報告，第25号，pp.155-168．

来初めての大波であったとの証言を得、また、三浦半島葉山町の一色港でも、83歳の老女から、大正6年10月1日以来の高波であるとの話を聞いた。各地の証言にもとづいて測量して得られた高潮の到達水位は、伊豆西岸でおおむね2 m前後、藤沢市・葉山町のあたりで3 mぐらいで、三浦半島中央から南部で1.5 mぐらいと判明した。また一方、国土地理院、気象庁、海上保安庁水路部、湘南海岸整備事務所、および田子の浦港管理事務所からは、この日の検潮記録のデータの提供を受けた。その結果、沿岸に住む人々が証言する海水の到達点の高さと、検潮記録に現われた最大潮位（=天文潮位+潮位偏差）との間には、場所によっては相当な差があることが判明した。高潮による住宅地域への海水の直接浸入による被害、あるいは海水の直接浸入ではなくても、海の水面上昇に伴って各河川の水位が上昇し、それがさらに住宅地の下水、路側溝の溢水となって引き起こされる被害は、焼津市・沼津市・戸田村・松崎町・小田原市・藤沢市・鎌倉市・横浜市・川崎市・市川市・船橋市・千葉市・木更津市などの各地で起こった。

この台風による外海での風浪の高さは、各地で10mを越えていると推定されるが、風浪による直接の被害もさまざまな形で現れた。静岡市の久能海岸での約1 kmに及ぶ沿岸道路の崩落をはじめとして伊豆の伊浜や下田市、小田原市西湘バイパス、茅ヶ崎市サイクリング道路における沿岸道路の崩落欠損には、規模の大小はあっても、ある共通した問題点を指摘することができる。静岡市・沼津市・南伊豆町・下田市・横須賀市などでは護岸、港湾施設に小規模な破壊が生じた。

いまひとつ見のがせないことは、御前崎町・下田市および湘南海岸各地で起きた砂浜後面の段丘部分の侵食・後退である。この台風による高波は、海岸の砂浜をのぼりつめ、後面の段丘の土砂を奪い取って新たな崖面を作り出した。削り取られた段丘の土砂はもはや自然に補充されることはないであろう。

風の吹き寄せによる海水の堆積は東京湾のような浅い湾の奥で大きくなるという、従来よく知られている法則が、今度の高潮においてもよく当てはまっていることが判明した。

本稿では筆者による踏査、検潮データ、市町村の回答という種類の資料を基礎データとして上に述べた諸点について検討してゆくことにしよう。なおこれらの基本データのの一つ一つの詳細については、いずれ資料集の形で刊行することを予定しているので、そちらにゆずることにし、本稿では個々の地点の状況についての細かい説明はせず、今度の台風による高潮・高波被害の法則性を浮き出させることを主眼にして、筆を進めることにする。



## (b) 台風のコースと東海・南関東地方の気象データ

1979年台風20号は、発達当初から超大型台風の規模をもっていた。10月4日15時、トラック島南東海上で発生したこの台風は、11日には中心気圧890hPaと異常な発達を遂げマリアナ諸島に達した12日には870hPaという、史上空前の超大型台風となった。その後、やや衰えながら、西北西から北北西に進路を変えて、18日早朝沖縄本島の南250kmに達するころには中心気圧は950hPaとなっていた。その後東北に進路を変え、九州、四国に強風をもたらし、また日本列島付近に停滞していた前線を刺激して西日本各地に大雨を降らせた。19日9時40分に和歌山県白浜町付近に上陸したころにも、中心気圧965hPaと、依然大型台風の規模をもっていた。その後台風は時速75kmほどの速いスピードで北東に進み続け、ほとんど衰えることなく12時ごろ岐阜市近くを、15時には新潟市の南をそれぞれ通過して、20日の早朝岩手県宮古市のあたりで三陸沖にぬけ、その夜には根室市に達して北海道にも大きな被害をもたらした。台風の進路の南東側の暴風域に入った東海・南関東地方は、19日の正午から午後4時ごろまで南西、ないし南南西の強い風が吹いた。最低気圧もまたこの時間に観測された。各測候所で観測された（10分間平均）最大風速を風の進む方向を表わすベクトルの形で図7.1-4に

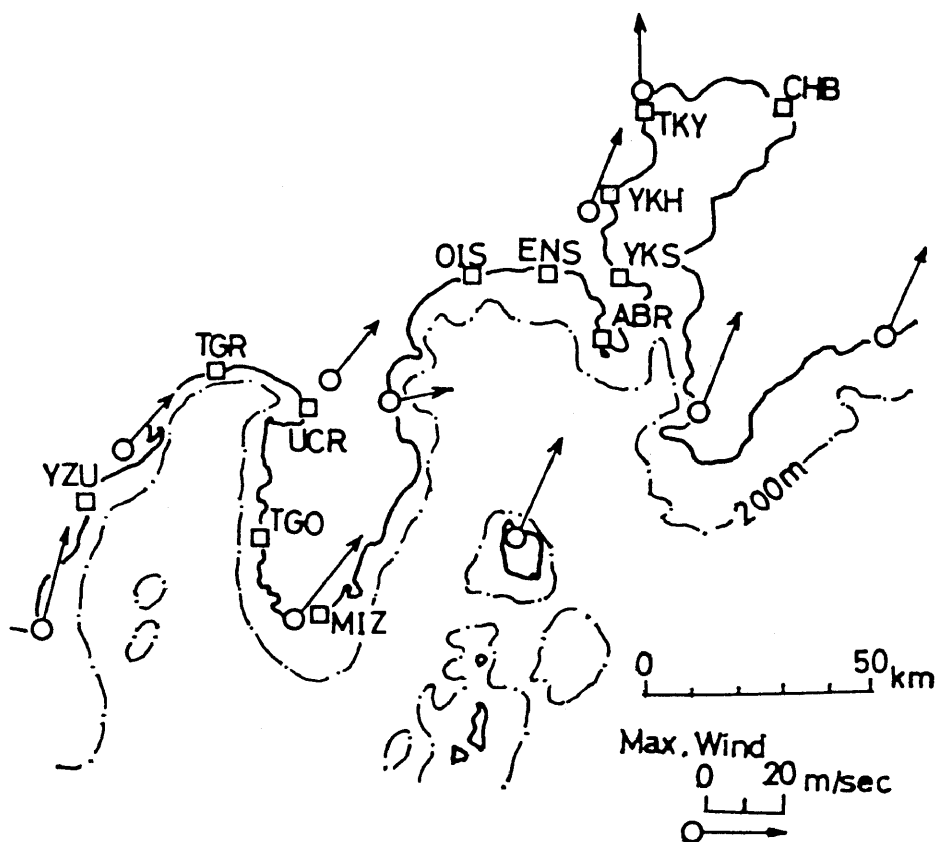


図7.1-4 各測候所で観測された10分間平均最大風速と風向ベクトル。風の吹いていく方へ矢は向いている。□印は検潮所の位置。

表7.1-2 各地で測定された最大瞬間風速と最低気圧

市 町 村	観測地点	最大瞬間風速	時 刻	最低気圧	時 刻
御前崎町	測候所	S S W 43.2m/s	13 h 00m	974.2 hPa	13 h 00m
田子の浦港	港湾事務所	S 40.3	13 00	—	—
沼津市	電々公社	— 48	13 40	—	—
戸田村	村役場	S 37.2	14 25	—	—
三島市	測候所	S S W 36.6	14 19	974.9	13 40
平塚市	防災センター 波浪観測塔	(S S W) 42	14 20	977.5	15 00
藤沢市	湘南海岸整備 事務所	— 43	14 40	974	13 30
茅ヶ崎市	消防署	S 37.5	—	—	—
鎌倉市	消防署	(S W) 37	14 30	—	—
逗子市	市役所	S S W 34	14 00	—	—
横浜市	気象台	S S W 37.4	14 50	976.9	14 45
羽田空港	航空地方気象 台	S S W 39.5	—	—	—
市川市	—	— 29	14 30	980	—
船橋市	—	S S W 37	—	—	—
千葉市	—	— 38.8	15 00	—	—
君津市	港湾事務所	S 44.3	13 46	979	—
富津市	大貫漁港	S S W 38	13 40	972	—
館山市	測候所	S S W 50.0	14 00	981.8	14 20

示しておく。御前崎、石廊崎など半島先端では平均風速も大きく、それぞれ27.8m/sec、26.6m/secに達している。測候所以外の場所で、測候所と同一の手法で正しく10分間平均風速を出しているところは少ないと思われるが、最大瞬間風速の値は記録紙の上から容易に読み取ることができるので各機関で信頼のおける値が得られている（表7.1-2）。館山では実に50m/sの風が吹いている。東海地方、南関東地方全般を通じて40m/s前後の南南西の風が吹いていることに注目すべきである。この風向きが、南南西に向って開いている、駿河湾、相模湾、東京湾内に最も高波・高潮を引き起こしやすい風向きであるということは、言うまでもないことである。

(c) 駿河湾・相模湾における証言・痕跡に基づく高潮水位調査

台風の直後、筆者は、高波・高潮を正面に受けたと推測される駿河湾奥、伊豆西岸、湘南海岸、および三浦半島西岸の現地調査を行ない、被災現場の撮影、住民の聞きこみ調査をした。下水道や側溝を通じて海水が住宅地区へ逆流したとか、海水面の上昇に伴って道路冠水が生じたとか海水が家屋の玄関土間などに浸入したとか、あるいはさらに明白な水位痕跡などが残っているとかいうように高潮の到達水位が推定できるような証言痕跡を見出すたびに箱尺とハンドレベルを用いて、高潮の到達高さを測量

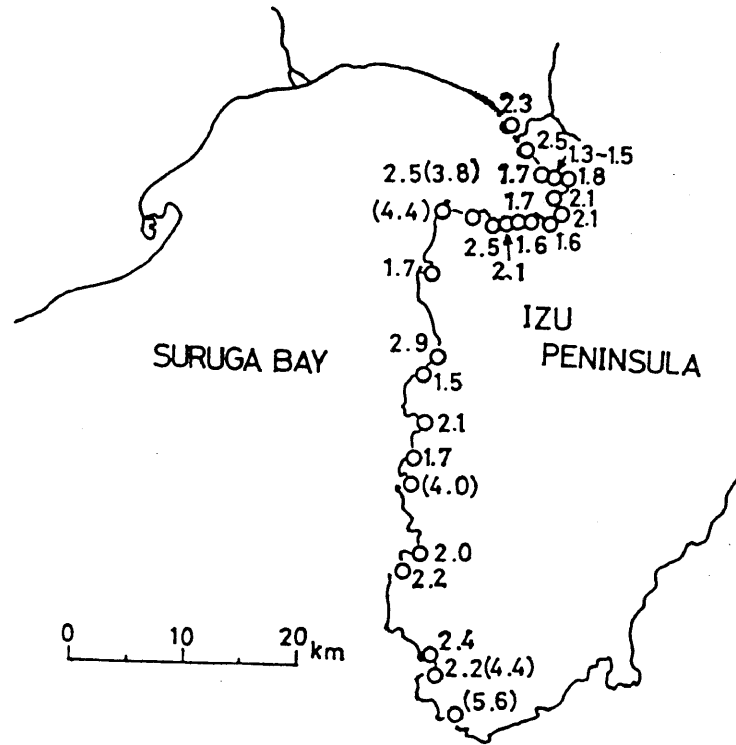


図7.1-5 駿河湾沿岸における証言にもとづく高潮水位

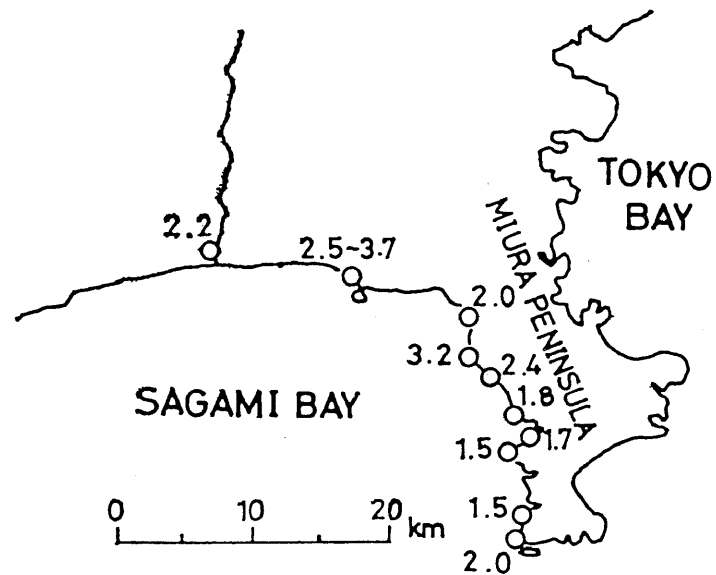


図7.1-6 相模湾における証言・痕跡にもとづく高潮水位

した。測定の基準は、測定時の平均海面を用いた。測定時の天文潮位補正と気圧補正をし、さらに台風襲来時刻の天文潮位成分を差し引いた正味の水位異常の値を伊豆半島と三浦半島についてそれぞれ示すと、図7.1-5、図7.1-6のようになる。カッコをつけたものは、沿岸堤防を風波が越波し、その海水が住宅地にたまってできた水面の高さを証言しているものと見られる場合を示している。カッコをつけた値以外は、ほぼ台風によって引き起こされた外洋の海水面の上昇値、すなわち高潮の値を表わしていると見てよいであろう。高潮はほぼ満潮時に起こったので、これらにさらに0.2～0.4 m加わった高さが、実際の到達水位となる。沼津港、内浦港、および伊豆西岸各地で約2 m前後の水位上昇があり、湘南海岸では藤沢市、葉山町の沿岸で実に3 m以上の水位上昇が起こっている。藤沢市引地川河口から江ノ島にかけての湘南海岸公園でのレストハウス等の高潮被害がとくに大きかった。なかでも「東急レストハウス」の内外の壁に明瞭な水位痕跡が残り、1階の床は、厚さ約20cmの海岸の砂で埋まってしまった。水位痕跡は国道134号を越えて、その北側沿いの家屋の壁面にも残っていた。この高さは実に平均海面上4.1 mにも達する。

（図7.1-6では天文潮位成分0.4 mを引いて3.7 mと表示してある）

#### （d）検潮記録による潮位異常

図7.1-4に示したように駿河湾・相模湾・東京湾には、気象庁、海上保安庁水路部、国土地理院、湘南海岸整備事務所、および田子浦港管理事務所によって管理されている12箇所の検潮所がある。このうち南伊豆検潮所の記録は台風時ちょうどインクのかすれによって欠測となってしまった。台風中心が最も近づいて最低気圧を記録したのは駿河湾沿岸で13時半から14時、相模湾で14時半から15時、東京湾で15時前後とみられる。南南西の最大風速もほぼこれと相前後して記録されている。ところで一方、この日の午後の満潮は、駿河湾で16時半ごろ、相模湾、東京湾で16時ごろであった。こういうわけで東京湾や相模湾ではほぼ満潮時刻に高潮が襲ったことになり、各地で住宅への海水浸入の被害が出た。各検潮記録から毎時の潮位を読み取り、「平常時の平均水位」からのずれを示したのが図7.1-7である。「平常時の平均水位」は次のように算定した。すなわちこの台風の前後約1ヶ月の検潮データの中から、気象条件の穏やかなある日を選び出し、その日の天文潮位と大気圧の補正をして得た毎時の水位を、約1日分平均して、これを「平常時の平均水位」とした。何月何日の水位を平常時としたかは表7.1-3を見ていただきたい。検潮を行なう機関ごとに発表されている長年にわたる平均水位を採用しなかったのは、東京湾内などのいくつかの検潮所が、長年にわたる地盤沈下のために、水位平均値としての意味を失っている場合があるためである。

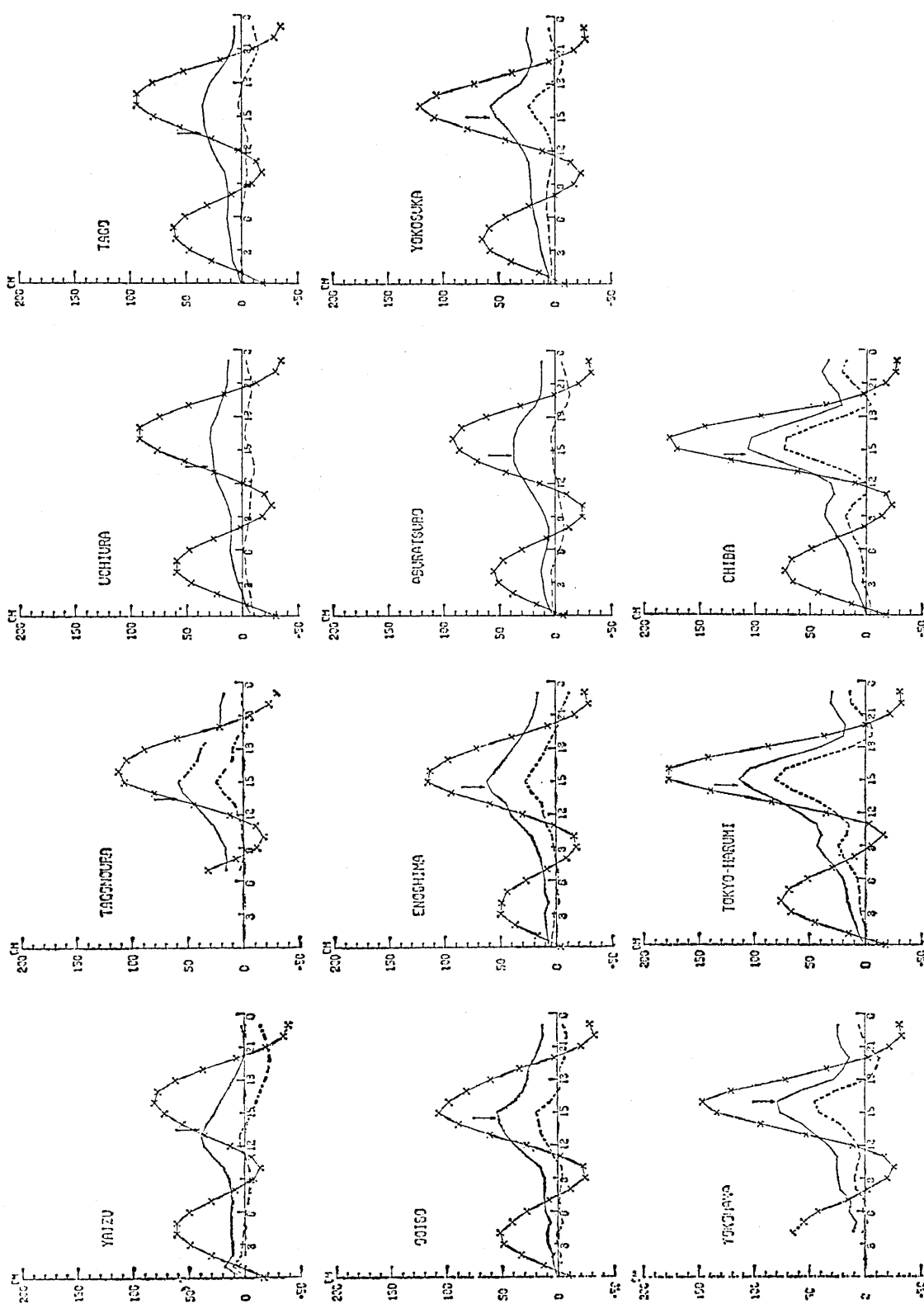


図7.1-7 各検潮所の10月19日の潮位。折れ線に×印のついた線は観測潮位そのものを、実線は天文潮位成分を差し引いた値を、破線はさらに大気圧低下による水位上昇分を差し引いた値をそれぞれ表す。破線は風の吹き寄せによる海水の堆積効果を表している、と考えられる。矢印は最低気圧を示した時刻を示している。

図で折れ線に×印をつけたものはこのような「平均水位」を基準とした台風当日の水位変化の値で、実線はそれから天文潮位成分を除いた値、すなわち「潮位偏差」である。破線は「潮位偏差」からさらに大気圧の減少による水位上昇分を差し引いた値で、これがほぼ風の吹き寄せによる海水堆積効果を示している、と考えられる。矢印は各検潮所に台風中心が最も近づいたと推定される時刻を示している。どの検潮所でもほぼ台風の最接近時刻に潮位偏差の最大値を記録している。各検潮点の記録からこれら三本の線の最大値を読み取ると表7.1-3のようになる。風の吹き寄せによる海水の堆積

表7.1-3 各 検 潮 所 の デ ー タ

検 潮 所	平常水位基準日	最 大 潮 位	最大潮位偏差	風の吹き寄せによる 潮位偏差の最大値
焼 津	10月13日	81cm	39cm	4cm
田 子 浦	10月21日	127	73	39
内 浦	10月10日	92	29	(-3)
田 子	10月13日	94	35	3
大 磯	(検潮所発表値)	107	54	19
江 ノ 島	(検潮所発表値)	115	62	27
油 壺	10月13日	92	37	4
横 須 賀	10月2日	121	57	23
横 浜	(検潮所発表値)	147	79	45
東 京 晴 海	10月13日	178	114	81
千 葉	10月1日	178	104	72

に関しては、Coldingによる次のような実験公式が知られている。すなわち水深を $h$ 、風速を $U$ としたとき、風の吹く方向にできる海面の勾配 $\Delta\eta$ は

$$\Delta\eta = kU^2/h \quad (1)$$

となる。 $k$ は定数であって $U$ を $m/sec$ 、 $h$ を $m$ で与えたとき、この値は $4.0 \times 10^{-7}$ となるという。(1)式の形からわかるように、風の吹き寄せによって生ずる海面勾配は水深に反比例する。さて、いま(1)式の定数の値が未知であるとして、東京湾岸の横須賀、横浜、東京、千葉のデータからこの値を求めてみることにしよう。図7.1-8のように東京湾のほぼ中央をつらねる軸A、Bを想定し東京湾を一次元的な水路と考えて、各検潮所は、破線で示したようにこの軸に投影した位置にあると仮定する。この軸に沿って水深を読み取り、A点は十分深い(500mぐらい)ので、そこでは海水の堆積による水位変化のないものと仮定し、 $U = 20m/sec$  (横浜の陸上風速は10分平均で $18.8m/sec$ であった)を与えてみる。すると $k = 10.0 \times 10^{-7}$ とすれば、横須賀で22cm、横浜で37cm、東京で93cm、千葉で(水深5mのところ打ち切れば)120cmと計算されるので、最も

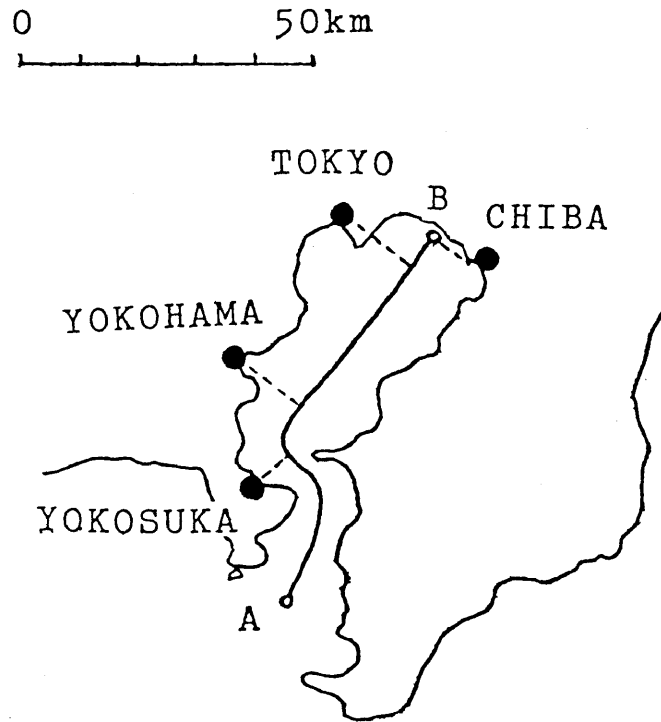


図7.1-8 東京湾を一次元水路と見なす

観測値によく合ってくる。また一方、風速値 $U$ については「10分間平均風速」ではなく、それを最大瞬間風速の中間の値、 $U = 30\text{m/sec}$ ぐらいとして(1)式に代入すると、Coldingが与えた通り $k = 4.0 \times 10^{-7}$ として横須賀20cm、横浜32cm、東京83cm、千葉106cmとなるので、実験式は現実によく合ってくる。

上の議論からも類推されるように、ある検潮点の前面の海が、大陸棚のような浅海部分をもたず、急に数百メートルという深海になっている場合には、風の吹き寄せによる海水の堆積はほとんど起こらない。表7.1-3からもわかるように今度の台風でも駿河湾内の四つの検潮所や、三浦半島の先端近くの油壺の検潮所のデータには、風の吹き寄せ効果による潮位偏差はほとんど0であった。

(e) 証言・痕跡による高潮到達水位と、検潮儀による最大潮位記録との差について

内浦湾、および江ノ島付近の証言や痕跡による高潮水位は、図7.1-5、図7.1-6に見る通り、それぞれ約2m、および2.5~3.7mであると測定されている。これに対して内浦、および江ノ島の検潮儀による最大潮は、それぞれせいぜい92cm、113cmである。証言や痕跡による到達水位と検潮儀による最大潮位との間にこのように大きな差がある理由を考えてみよう。平塚の波浪観測塔の平均海面約9mの跳り場に取り付けておいた45mm径2mm肉厚のアルミパイプが波力のために折れ曲がっていた。また、正午ごろ停電になる直前に、観測塔の容量型波高計は、最高波高7.3mを記録している。これ

らのことから台風の最接近したところには風浪の高さが10mを越えていたと推定される。したがって証言や痕跡が外洋から来る波浪の高さをいっているのではないことは明らかである。

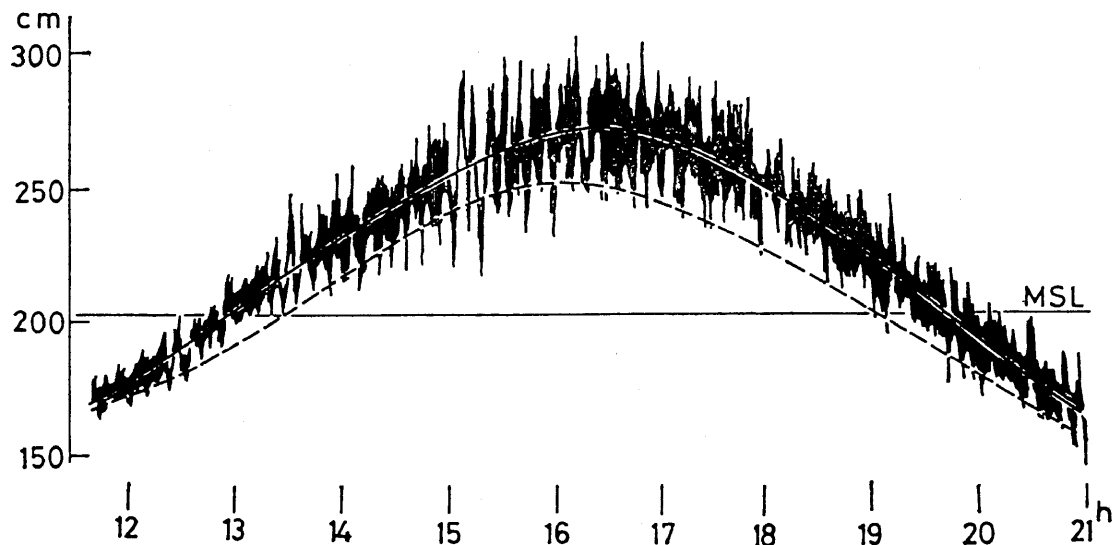


図7.1-9 内浦検潮所の生データ

図7.1-9は内浦検潮所の台風時の検潮記録である。この検潮記録では、周期2～3分以下の風浪成分はカットされているが、それより周期の長い水位変動は振幅50cmほどの脈動として記録されている。2～3分から数分の周期をもつ海面の上下変動はサーフビートと呼ばれることがある。図7.1-7に示したような潮位偏差の図は、このようなサーフビート成分を無視して図7.1-9の太実線のような平滑化した線を目分量で引き、この線の毎時の値を読んだものなのである。サーフビートの最高位置は、この太実線よりさらに50cmほども上方にある。したがって、もし、このような周期2～3分以上のサーフビート成分を加えた水位が、住民の証言にいう潮水位であるのなら、内浦の最大潮位92cmにこのサーフビートの50cmを加えた1.4mが内浦における高潮の高さとなるであろう。さらにカットオフ周期が2～3分ではなく1分ぐらいであれば証言による高潮水位はいま少し高くなって、図7.1-5、図7.1-6に示した値に近づくであろう。住宅地に入り込んでいる下水路、あるいは道路側溝などの断面は、検潮所の導水井の断面より面積が広く、カットオフ周期が検潮所のシステムより短いと考えられる。したがって沿岸の住民にとって実感される高潮の高さというのは、約1分以下の周期をカットするフィルターを通して見た海面の変動だ、ということになるようである。ただし伊豆の田子や藤沢市の湘南海岸公園のような4m近い証言水位や痕跡は、この



ようなサーフビートだけでは説明することが難しい。このような高い水位は堤防や高い砂丘を風浪が越波して後面の小さな盆地状の地域に海水がたまったため、一時的に出現した水面によって形成された見かけの水位であろうと考えられる。

(f) 住宅地への海水浸入被害

高潮による水位上昇のため、駿河湾、相模湾、東京湾の沿岸各地で、住宅地へ海水が浸入した。また海水そのものの浸入はなくとも、海の水が平均水位が上がったため、流出する河川の水位も上がり、それがさらにこれにそそぐ小河川、下水、道路側溝に水が逆流して、住宅地域が浸水したという場合も数多く出た。このような多くの場合、住宅地内に出現した水面の高さは、その水が海水でなく陸水であっても、U字管の原理でその時の外海の水面とほぼ同じ高さとなっているはずである。このような場合も間接的ではあるが、やはり高潮による浸入と断言してよいであろう。静岡県から千葉県にかけての各市町村からは、浸水家屋に関する報告を提供された。これらの報告の中から、明らかに内陸部の河川溢水による浸水記事を除外し、沿岸地帯におきた上のような意味での高潮による浸水家屋数をまとめてみた(表7.1-4)。これらの数字の中には、数字自身が多少、不正確なもの、あるいは、内陸部の河川溢水と見なすべきものも多少含まれている可能性があるが、関東・東海地方に生じた高潮の被害実数としてかなり信頼をおくに足る数字であろう。この他に回答を得られなかった市町村がいくつかあるが、横浜市や千葉市のように大規模な浸水を生じた市町村で漏れたものはないようである。横浜市帷子川沿岸地帯、千葉市千葉港周辺、木更津市街など、東京湾内に大規模な浸水地帯が出現していることに注意、また一方焼津市や下田市のように、「最大潮位」や「潮位偏差」が小さく、海水上昇はたいして大きくなるはずのない場所であるのに、多くの高潮被害を出している場所があることにも注意、検潮儀による潮位異常は焼津でわずか81cm、下田でもおそらく1m以下と思われるのに、表7.1-4に見られるように多くの浸水家屋を出しているのは、周期が1分から数分の、検潮読み取りの際には無視されるようなサーフビートの成分が、そこに住む人々の住居にとっては、本物の高潮として被害をもたらすものであるからであろう。東京湾奥にあって船橋市のように、水門による閉塞システムの完備した市では、浸水被害は意外に少なくすんでいることも注目に値しよう。

表7.1-4 各市町村の高潮による床下、床上浸水戸数

市 町 村	地 区	床上浸水	床下浸水	備 考
相 良 町	新 庄	—	5	田畑0.1ha海水冠水
焼 津 市	ケ 島	—	500	防潮堤越波による
〃 〃	浜 益	—	30	〃
〃 〃	東 津	—	20	瀬戸川、花沢川の逆流
沼 津 市	西 島	—	14	狩野川河口東岸付近
〃 〃	千 本	—	1	〃
〃 〃	内 浦	1	1	床下の1軒は非住家
戸 田 村	戸 田	—	15	港付近
松 崎 町	江 奈	—	1	〃
〃 〃	松 崎	1	9	〃
〃 〃	道 部	—	4	〃
〃 〃	石 見	4	4	〃
〃 〃	雲 見	—	3	〃
下 田 市	吉 佐	3	16	一部損壊1
〃 〃	下 美	2	70	一部損壊2
〃 〃	柿 田	1	2	〃
〃 〃	須 崎	3	7	一部損壊4
〃 〃	外 浦	—	2	〃
伊 東 市	川 奈	—	5	〃
〃 〃	伊 東	2	2	沿岸の新井、松原、湯川地区
〃 〃	宇 佐	—	17	〃
湯 河 原 町	吉 浜	—	5	〃
小 田 原 市	浜町1丁目	—	4	〃
〃 〃	東町5丁目3	6	—	小工場や印刷所等、酒匂川河口付近
鎌 倉 市	材木座5丁目	—	—	越波による浸水あり
逗 子 市	逗 子・新 宿	1	1	田越川沿岸
三 浦 市	—	—	6	〃
横 浜 市	横 浜 駅 付 近 (西区)	414	153	西区北幸一丁目、二丁目、南幸一丁目、二丁目、岡野一丁目、二丁目、高島二丁目、平沼一丁目などの区域、いずれも帷子川河口付近である。
〃 〃	金 沢 区	—	80	平潟湾沿岸六浦橋付近
〃 〃	神 奈 川 区	23	46	いずれも沿岸運河地帯
〃 〃	鶴 見 区	73	315	鶴見川河口から3キロまで
川 崎 市	川崎区浮島町	7	4	1戸を除いてすべて工場あるいは倉庫
市 川 市	—	16	227	全市の数字であってすべてが高潮によるものとは限らない。
船 橋 市	—	2	52	すべて海老川沿い、海老川水門での外水位 350cm、内水位 100cm、(16時)
習 志 野 市	谷津3・4丁目	—	30	〃
千 葉 市	—	112	588	花見川沿岸の床下浸水家屋15戸の他は、すべて千葉港周辺
木 更 津 市	久 津 間	2	2	小櫃川河口
〃 〃	木更津市街	4	183	木更津港周辺
富 津 市	—	—	4	染川の河口閉塞する
以 上 計	—	677	2,428	〃

## (g) 高波による海岸浸食被害

風浪は東海地方、南関東地方を通じて、波高10mを越えたのではないかと考えられるということは前にのべたが、これによる被害も各地で続出した。護岸、防波堤、埠頭の中小の被害の一つ一つのくわしい状況については資料集にゆずることにして、ここでは割愛する。静岡市用宗もちむね漁港、沼津市牛臥、静浦、加茂村宇久須、子浦港、手石港、下田港、横須賀市長井港、三浦市などにさまざまな形の被害を生じた。このような被害はすべて、人造物たるコンクリート構造物の強度が波の力に抗し得なかったことによる被害である。ところがこれに対して今回の台風による高波はまた、大地そのものを削り取ろうとする作用に伴って、より大きな被害をもたらした。すなわち海岸侵食に伴う被害である。その一例として写真(略)を見てみよう。これは茅ヶ崎市の沿岸を走る幅4mのサイクリング道路の崩壊現場である。写真(略)で見る通り長さ約25mにわたって舗装道路が完全に崩壊している。崩壊して露出した部分の断面をしらべてみると、砂ともろい火山灰の互層であって、少し強い波が当たると、たちまち崩れるであろうことは容易に想像することができる。事実、この崖をよじ登ろうとして崖面の出っ張りに足をかけても、たちまち足がもぐりこんで、まわりがくずれてしまうようなもろい層であった。サイクリング道路に限らず、アスファルト舗装面は、それを支持する下の砂層の砂がぬけ落ちると、ほとんど抵抗することなく、砂といっしょに崩れ落ちてしまう。それではこのように弱い砂層の崖がなぜ一年に何度も経験するような並の高波によって侵食を受けることなく、今度の台風の日まで持ちこたえていたのであろう。それはおそらく崖の前面の幅約100m強ある砂浜によって崖が「守られ」ているからだと考えられる。つまり「並の」暴風に伴う高波ぐらいでは、波はこの砂の崖のふもとには達しないのである。そして何十年かに一度の大台風による高波によってようやく崖の一角に侵食影響が及ぶのである。いいかえると、砂の崖の位置と、前面の砂浜の幅との間には、数十年の年月の間に作り出された一種の「平衡状態」にあったといえることができるであろう。そうして数十年に一度もなかったような大台風が襲った時、部分的にこの平衡がこわれる。すなわち崖の一部が新たに侵食され、陸地が後退するのである。湘南海岸では、写真(略)の場所以外にも相模川河口をはじめ、引地川河口、江ノ島付近でも今度の台風による高潮によって新たに砂の高台が侵食を受け、新しい崖面が露出した。このようなことは御前崎町や下田市や小田原市などでも起こっている。こうして失われた砂の高台の一部は、砂浜の砂とは違って、いったん失われると全く回復する見込みはない。すなわちこのような形の海岸線の後退は、大地震による大規模な地盤の隆起でもない限り、自然には復帰しない

ものである。昭和55年10月15日付「神奈川新聞」には「古老の話だと早川海岸、小田原海岸の砂浜はかつては七、八十メートルあったものが、現在三十メートルになってしまった」とある。また11月12日、小田原市役所で開催された「相模湾の環境保全と水産振興シンポジウム」では、東大工学部・堀川清教授によって、ここ25年間に湘南海岸は大きいところで5 m、平均2 m砂浜の幅がせばまっていることが指摘された。砂の供給が減ったためであるという。もしこのような砂浜の縮少が続くとすれば、たちまち上に述べた砂の崖と砂浜と並の暴風による高波との平衡がくずれることは明らかである。すなわち今度の台風よりもっと小さな「並の暴風」によっても、新たな侵食が起こる危険性が大きいのである。海岸の砂浜は人々の保養地になるという点で重要であるばかりではない。海岸の保全と防災上の観点からもそれ以上に重要な意味もっているのである。河の上流にダムを新たに建設するときには、海岸への砂の供給が減ることも考えて、付近の海岸に防砂堤や離岸堤を設けて、浜の砂の流失を阻止する工作もあわせて計画されるべきであろう。

沿岸に砂浜がない海岸での波の浸食作用の強大さを見せつけてくれたのは、静岡県西平松北区の海岸道路の崩落現場である（写真略）。ここでは長さ合計約1 km、3カ所にわたって県道が大崩落した。このあたりは元来、砂浜であったところへ護岸をはり出し、背面を土でうめて道路としたのであるが、今回の崩壊では、まず波によって護岸の下部がこわれ、中の埋め込み土砂が流失し、アスファルト道路面が落下するという、茅ヶ崎のサイクリング道路と似たパターンで崩壊がおこった。このような沿岸道路の崩れ方は南伊豆町伊浜や下田市などでも見られた。このような崩れ方をしたため、南側の小規模な崩壊現場では、護岸上部のコンクリートだけが残ってアーチ橋のようになった（写真略）。崩落した部分の前面にはテトラポットが保全の目的で置かれてあったが、これもほとんどが流失した。砂浜の上に護岸を設けて道路をつくるというのは、用地を得るという点では最も楽であるが、しょせん大自然の平衡に逆らう行為であることを忘れてはいけない。何十年に一度の暴風による高波の際には、必ず大きな被害を生ずることを念頭におかなければならない。また道路の位置は、できるかぎり、天然の砂浜がいくばくか海側に残るように、できるだけ陸側に寄せて路線が決められるべきであろう。海岸の盛り土が流失し、道路が陥没する被害は、小田原市国府津の西湘バイパス下り線でも生じた。

## 7.2 相模湾の副振動

精度のよい津波の予測方法の確立には、周期が数分から数十分の長周期波の湾内における挙動を知る必要がある。異なる津波に対しても、ある特定の地点の津波のスペクトルが大変よく似ていること、同一の津波に対しては、地点が違うと、スペクトルが全く違うことが知られている。津波という現象が単に風浪やうねりのように沖合いから入射してきて‘そのまま’岸に打ち上げたものと違って、入射した津波が一定の地域の水系にショックを与え、振動を励起しているというモデルに近い。ここでは、相模湾内での長周期波の特徴について観測の結果に基づいて略述する。

### 7.2.1 長周期波記録

図7.2-1は三崎における長周期波の記録の例である。上段が長周期波であり、下段が潮位である。潮位データにみえる小さい周期の10分程度の長周期波が、上段でそのまま拡大された状態で記録されている。1976年11月20日の午前中の‘静かな’状態から、夜半には活発な振動状態が出現し、次の日の21日は、大きな長周期波、波高にして20 cm以上のものが記録されている。長周期波の活動状態の推移は、湾内の他の地点のものと対応するが、周期は異なる。津波のスペクトルが、外洋からの入射波のスペクトルとは違って、測定点の周辺での副振動に大きく影響されている。

図7.2-2は、伊東の最大波高  $H^{(I)}_{max}$  と真鶴、三崎における最大波高  $H^{(MA)}_{max}$ 、 $H^{(MI)}_{max}$  との関係を示したものである。全体としては、各地点の波高の日変化に対応が見られるものの、一義的な関係があると言えない。外洋からの入射条件が同一の場合には、線型近似が成り立っている限り、異なる地点の波高の大きさには線形の関係が成り立っているはずである。このような相異の理由として考えられるのは、一つには、湾口における入射長周期波の特性、たとえば、入射角の違いによるチャンネル分配率の変化というようなことが考えられる。最も大きな要因は、部分的に閉鎖された海域における共鳴振動の存在である。

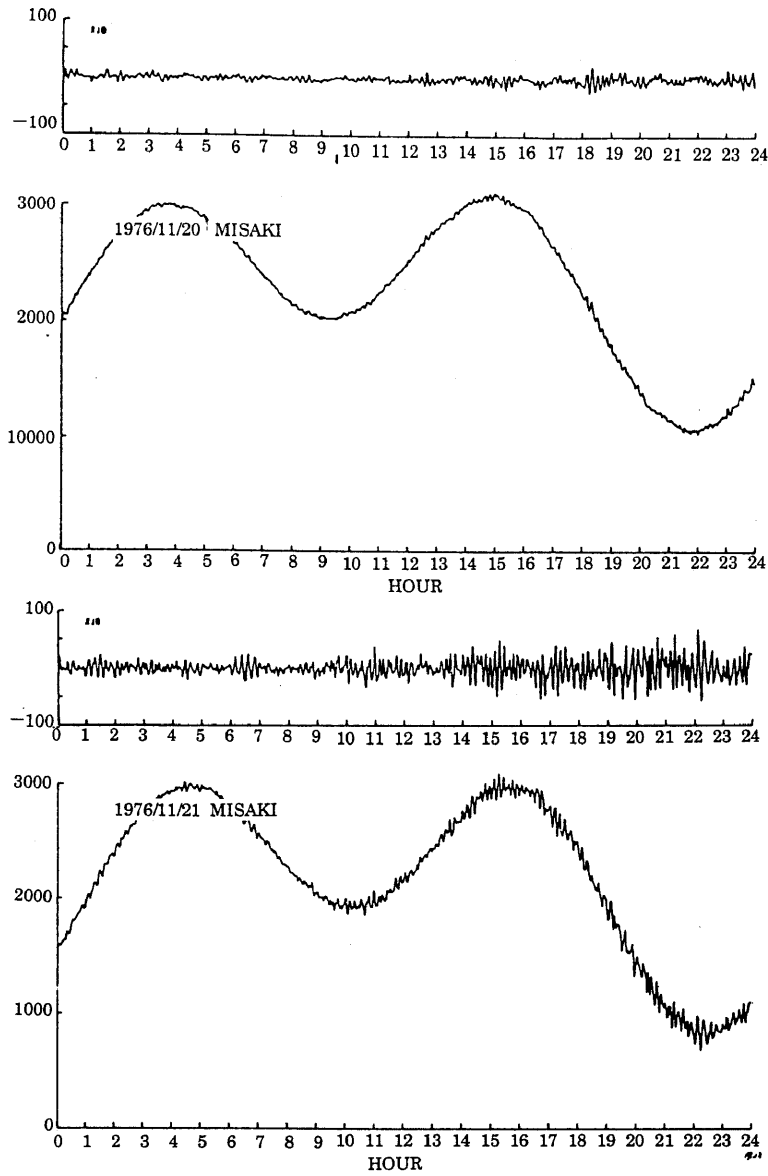


図 7.2-1  
長周期波の記録の例  
1976年11月20, 21日の三崎に  
おけるもので, 21日には, 最大  
20cmもの長周期波が発生した。

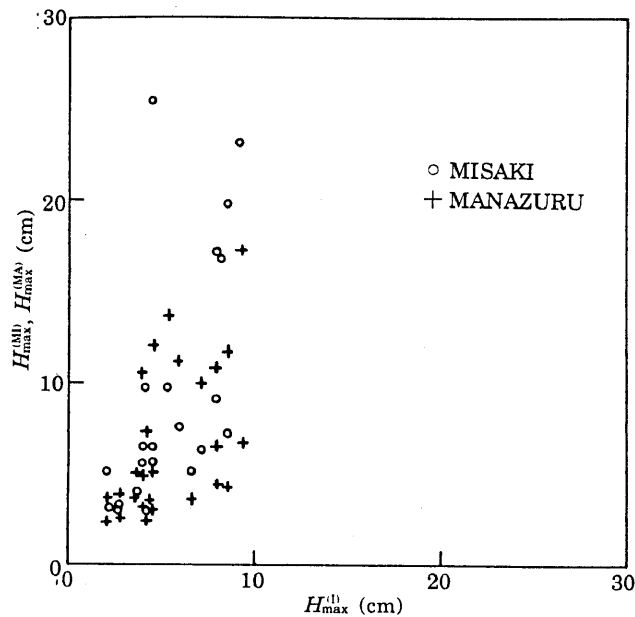


図 7.2-2  
伊東における長周期波の大きさ  
 $H_{\max}^{(1)}$  と, 三崎・真鶴の大きさ  
 $H_{\max}^{(1)}$ ,  $H_{\max}^{(MA)}$  との関係。点のバラ  
ツキが大きい。

## 7.2.2 スペクトル構造

図7.2-3は、三崎における長周期波の周波数スペクトル密度分布  $P^{(M1)}(f)$  を示したものである。統計をとった期間は、1日である。記号の1、2、3、4がそれぞれ1976年の11月5、6、7、8日のスペクトルに対応している。このスペクトルの分布の特徴は、

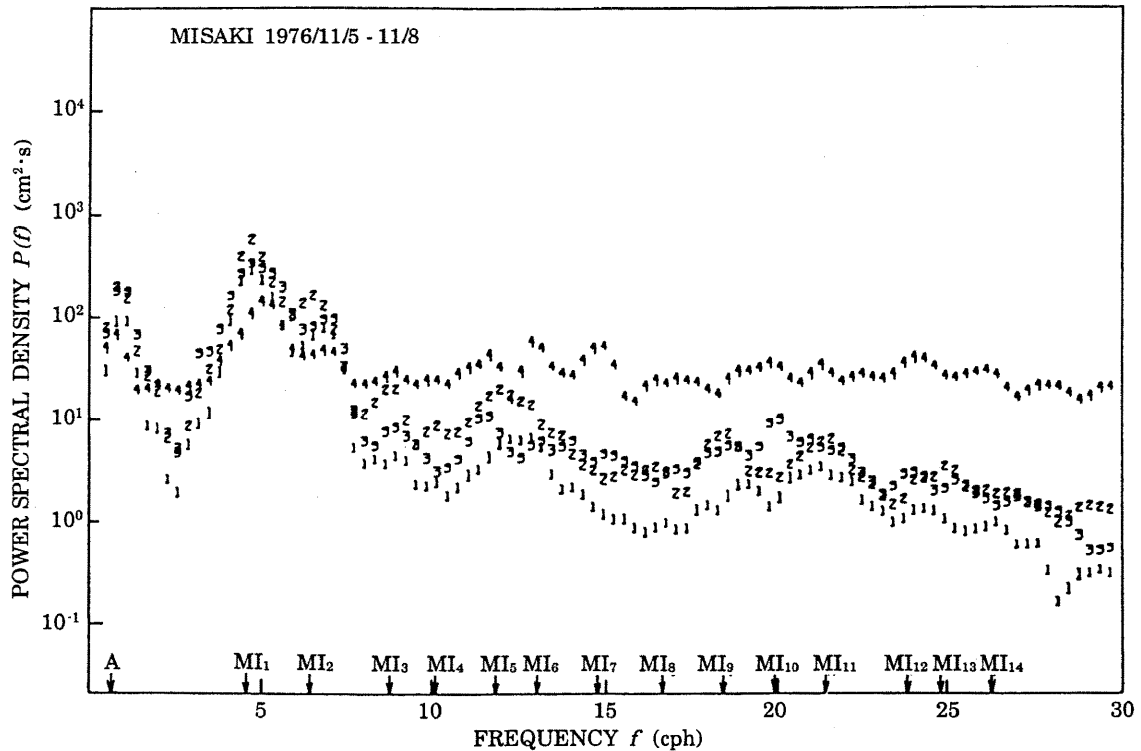


図7.2-3 三崎における長周期のパワースペクトル密度の分布。図中の記号1, 2, 3, 4はそれぞれ11月5, 6, 7, 8日のスペクトル分布に対応する。三崎のスペクトルは、A,  $M_1$ , ...,  $M_{14}$  の合計15個のピークで特徴づけられ、特に A,  $M_1$ ,  $M_2$  が卓越している。

- (1) 周期が1時間半程度のところに、湾の固有振動と思われるピークが存在する。  
この振動成分をAとする。三崎における卓越ピークのエネルギーの半分程度（11月5、6日）か、同じ位（11月7、8日）になることがわかる。
- (2) 周期が5 CPH近辺に卓越したピーク（ $M_1$ ）が存在し、これが三崎の振動を主に特徴づけている。この振動も、成分Aと同じく、エネルギーで数倍の変化をし、スペクトル分布の形の変化の要因の一つとなっている。
- (3) 周期が6 CPH近辺に、今一つのピーク（ $M_2$ ）が存在する。主要ピーク $M_1$ との関係が注目に値する。11月6日には、第2の主要ピークとして、その存在が明瞭であるが、11月8日には、 $M_1$ と比べて相対的にかなり小さくなっているように、スペクトルの構造は時間的に一定ではない。

(4)  $MI_2$ より高域周波数にも、エネルギーがA、 $MI_1$ 、 $MI_2$ 成分のそれより、ほぼ1桁小さいが、幾つかのピークが存在する。日によってその位置がやや変わっているが、かなり安定している。しかし、 $MI_4$ では3日間は見分けることができるが、明確ではない日もある。高周波数域におけるエネルギーレベルが高いのは、サーフビートが発生したためと思われる。三崎の振動状態を決定するのは、ほとんど振動モードA、 $MI_1$ 、 $MI_2$ の三つである。

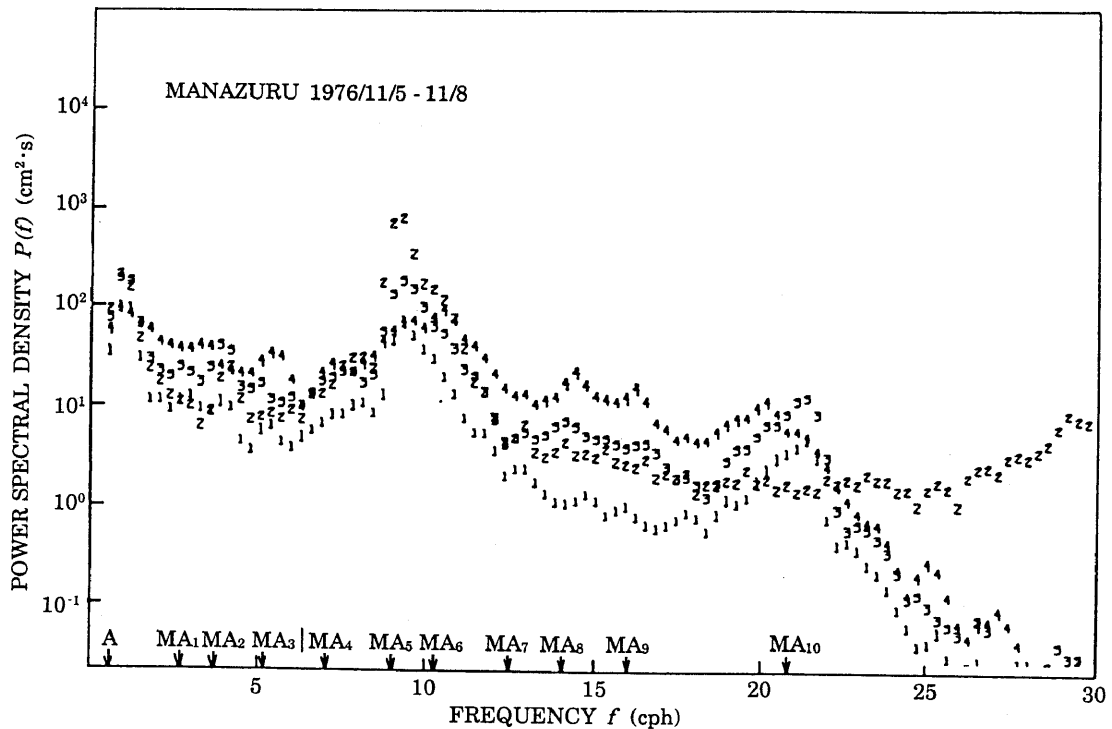


図7.2-4 真鶴における長周期波のパワースペクトル分布。11月5日から8日までの4日間のもの。周期1時間半程度のところにあるAモードと $MA_5$ 、 $MA_6$ が真鶴のスペクトルを規定する3大成分である。主要ピーク $MA_5$ の周期が4分と短いことが特徴である。

図7.2-4に示したのが、真鶴における長周期波の代表的なスペクトル密度分布である。周期が1時間半程度付近に、卓越したピーク（Aモード）がいつも存在するのは、三崎におけると同様である。他の顕著なピークを $MA_1 \sim MA_{10}$ として図7.2-4に示してある。真鶴の長周期波のスペクトル分布で最も特徴的なことは、主要振動 $MA_5$ の周期が小さい（ $T \approx 4$ 分）ということである。三崎などの主要振動の半分の周期である。真鶴にも三崎の主要ピークの振動 $MA_1$ と同じ程度の周波数をもつものとして、振動 $MA_9$ が存在する。これ等の振動は、岸にトラップされている成分かも知れない。真鶴のスペクトルにおいて今一つ注目されることは、多くの場合に固有振動Aが卓越振動 $MA_5$ の2倍程度に大きいことである。三崎の場合には、Aモードが卓越振動 $MI_1$ より大きくなるのがサ



ーフビートが卓越した場合であるのに、真鶴の場合には、卓越したモードMA<sub>5</sub>が固有振動Aよりはるかに大きなエネルギーレベルになるのがむしろ普通である点が著しい特徴である。

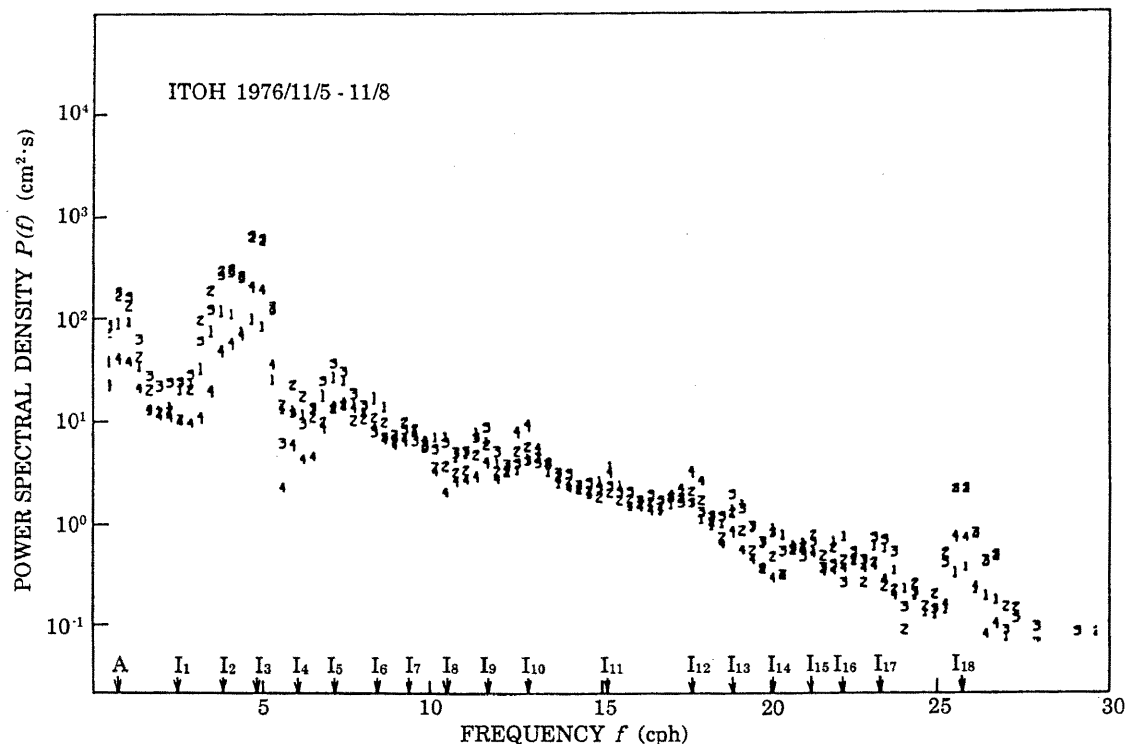


図 7.2-5 伊東における長周期波のパワースペクトル分布。11月5日から8日までの4日間のもの。伊東のスペクトルは、A, I<sub>1</sub>, …, I<sub>18</sub>の19個のピークで特徴づけられるが、主要3成分は、A, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>である。伊東のスペクトルの日変化が小さいことがわかる。

図7.2-5に示したのが、伊東における長周期波のスペクトルの分布である。伊東のスペクトルで特徴的なことは、スペクトルの形が時間的にかなりな程度に合同であるという点がある。日によって若干の相異が見られるが、三崎、真鶴でのスペクトルと比べると、日々の変化が随分少ない。今一つ目立った特徴は、‘非常’に高い周波数（25CPH）の振動I<sub>18</sub>が常に明確なピークとして存在し、しかも周囲のものよりエネルギーが格段に大きい。このI<sub>18</sub>モードは、伊東の主要振動I<sub>3</sub>と対応しながら、そのエネルギーを増減させている。

### 7.2.3 まとめ

相模湾内の数カ所の地点で周期1分から100分の長周期波動の観測データの解析の結果、次のような事柄が判明している。

(1) 湾内の各地点の長周期波の活動状態は、大局的には似ているが、細部になると

相異がある。

- (2) 湾内の長周期波の大きさには下限があって、最大波高で約 2 cm、rms波高で 0.1 7cmである。これは California沖における値の約 1/3である。
- (3) 長周期波の最大波高  $H_{max}$  と rms波高  $\sigma$  との間には、 $H_{max} \approx 12\sigma$  の関係がある。
- (4) 三崎の津波のスペクトルは、15個の明確なピークを有しているが、通常の場合には、A（周期 1 時間半）、 $MI_1$ （5 CPH）、 $MI_2$ （6 CPH）の三つが卓越する。波浪の砕波に伴って極端に大きくなる成分もある。
- (5) 真鶴の長周期波のスペクトルは、11個のピークを有しているが、通常 A、 $MA_5$ （9 CPH）、 $MA_6$ （10 CPH）の三つが卓越する。高周波数域でエネルギーレベルが急落する場合とそうでない場合がある。
- (6) 伊東の長周期波のスペクトルは、19個のピークで特徴づけられるが、主要な成分は、A、 $I_2$ （4 CPH）、 $I_3$ （5 CPH）の三つである。伊東のスペクトルの日変化は大変小さい。
- (7) 相模湾全体の振動の成分である A モードの振幅は、各地でほとんど同じである。しかし、時たま、三崎で異常に大きくなることもある。伊東では、真鶴・三崎に比べて約 1.6 分ほど早い。
- (8) 三つの卓越成分のうち、A モードのエネルギーが 1 ケ月に 1 桁しか変動しないのに、地域卓越成分  $I$ 、 $MI_1$ 、 $MA_5$  などは、2 桁以上変動する。
- (9) 地域卓越成分間の相関は、ほとんどがゼロに等しく、これは局地的な原因による長周期波の発生と地域卓越成分の大きな増幅率によって説明される。
- (10) 湾全体の振動である A モードよりは小さいが、伊東と真鶴を含むようなスケールの水系の運動が存在する。
- (11) 伊東のスペクトルにおいて高周波数域の  $I_{18}$ （周期 2.4 分）の成分は、主要成分  $I_3$ （12.5 分）の振幅の大きさが約 6 % の 2 次波と考えられる。
- (12) 周期が 4 日程度の長周期波が測定された。その位相は、真鶴では、伊東に比べて遅れ、位相速度は、約 5.5 m/s である。陸棚波かもしれない。
- (13) 太平洋岸の本土に近い所を低気圧などの気象じょう乱が通過すると長周期波が発生するようである。

### 7.3 サーフ・ビート

風的作用によって発生した波は、進行性を持っており、一点に留まることなく四方八方に発生源から分散していく。進行する波は、いずれ陸地に遭遇して、そのエネルギーの大部分を失い、一部は反射して再び大海に帰って行く。波がエネルギーを失うのは、岸における砕波過程によるばかりではなく、非常に小さいが粘性の作用や海洋表層の乱れ、あるいは、別の嵐によって発生した波との干渉などにもよる。風波などが、大陸棚を越え浅海域に入射し沿岸に達すると、海岸や沿岸構造物に種々の作用を及ぼし、時には、破壊にまで至るのは日常よく経験するところである。沿岸に大きな力を及ぼすのは、多くは、周期が10秒程度の風浪やうねりであって、これに関しては第6章で取り上げられている。しかし、我が国においても古来よく知られているように、このような風浪に付随して、周期が1分から10分程度の海面のややゆっくりした昇降が存在する。静岡県御前崎付近では、波高1 m程度の大きさで、周期1～4分のものがよく経験され、“やっぴき”と呼ばれている。又、富山湾の東部地方では周期が5から50分で波高が最大数mにも達するものがある。このような、波浪に伴う海面の昇降は、沿岸の防災上考慮すべきである。なぜなら船舶の航行の自由を妨げたりするからである。

長周期の波の発生のメカニズムは多岐にわたり、宇野木(1959)の調査報告が示しているように、なかなか一義的な原因を見つけるのは難しいようである。風浪の大きさとよい相関をもつ場合もあり、又ない場合もある。長波の周期は2大海洋波である波浪と潮汐波の周期の中間に位置し、しかも波高がこの両者に比べてかなり小さいことが解明の遅れている原因である。

波が岸に近づいて砕けると、周期が1分から数分の波（サーフビート）が発生するのはどうも確からしい。この種の波（サーフビート）は、いわば、風浪やうねりが沿岸域に近づいて砕波するのに伴って生ずる準平均的な運動形態に属しており、サーフビート以外に沿岸流、リップカレント、暗流などと沿岸流系を構成している。

ここでは、サーフビートの振幅と波浪の振幅との関係を、我々の測定したデータ及び今までに発表されたデータを用いてまとめた。また、サーフビートの諸特性量、たとえば最大波高と $1/n$ 最大波高との関係を、経験的に求めた。サーフビートの大きさが、波浪のどのような特性量にどのように関係しているかは、サーフビートの発生機構を推定する観点からばかりでなく、実用的にも、最近の海中構造物や港湾施設の設計に資するという点からも重要な問題である。

## 7.3.1 サーフビートの測定の方法

サーフビートの測定にあたって、うねりや風浪などに伴う水位変動と長周期波に伴う水位変動及び東西・南北方向の流速成分を用いた。風波（うねりも含む）の測定には、バイプロトン型水圧計を用いた。生に水圧出力を帯域ろ波器に通して長周期波の水位変動の測定を行った。長周期波に伴う流速変動の測定には、電磁流速計を用いた。この電磁流速計の応答も $10\text{Hz}$ 程度であるので、そのままでは風波に伴う流速変動も記録してしまう。そのために水位変動の抽出するのに用いたろ波器と同じ帯域特性を持ったろ波器に通じた。

図7.3-1に、サーフ・ビート及び関連する諸量の時間変化の例を示す。上から順に、波浪データ、長周期波の水位変動データ、長周期波に伴う流速の南北成分データ及び長周期波に伴う流速の東西成分のデータである。流速データを水位データと見比べると、当然のことながら、三つの量の変遷にはかなりの類似性が見受けられる。更に、風浪の包絡線と長波の変動の仕方にも類似性も見受けられよう。

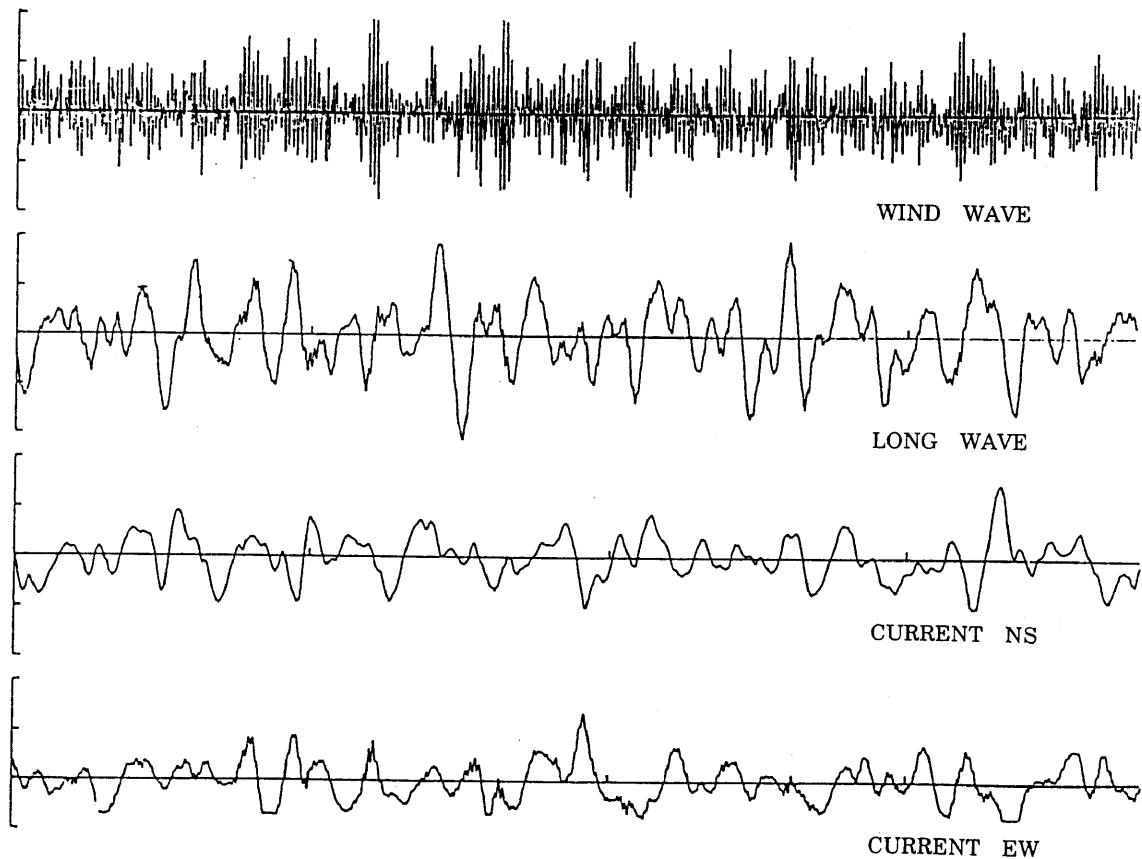


図7.3-1 サーフ・ビート測定記録の1例

### 7.3.2 サーフビートに関する統計

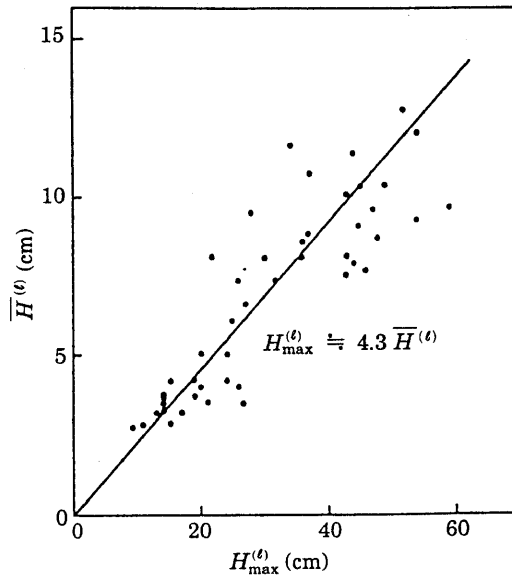


図7.3-2 サーフ・ビートの最大波高  $H_{\max}^{(1)}$  と平均波高  $\bar{H}^{(1)}$  との関係

図7.3-2は、サーフビート（長波）の最大波高  $H_{\max}^{(1)}$  と平均波高  $\bar{H}^{(1)}$  の関係を示すものである。個々にかなりバラツキているが、

$$H_{\max}^{(1)} \cong 4.3 \bar{H}^{(1)} \quad (1)$$

の関係があることがわかる。最大波高  $H_{\max}^{(1)}$  と1/3最大波高  $H_{1/3}^{(1)}$  の関係は、

$$H_{\max}^{(1)} \cong 2.0 H_{1/3}^{(1)} \quad (2)$$

である。又、最大波高  $H_{\max}^{(1)}$  と1/10最大波高  $H_{1/10}^{(1)}$  との関係は、

$$H_{\max}^{(1)} \cong 1.4 H_{1/10}^{(1)} \quad (3)$$

である。1/10最大波高を規準にとると、図7.3-3に示すように1/10最大波高と1/3最大波高の関係は、

$$H_{1/10}^{(1)} \cong 1.5 H_{1/3}^{(1)} \quad (4)$$

1/10最大波高  $H_{1/10}^{(1)}$  と平均波高  $\bar{H}^{(1)}$  との関係は、近似的に、

$$H_{1/10}^{(1)} \cong 3.1 \bar{H}^{(1)} \quad (5)$$

が実験則として導かれる。

1/3最大波高  $H_{1/3}^{(1)}$  と平均波高  $\bar{H}^{(1)}$  との関係は、

$$H_{1/3}^{(1)} \cong 2.3 \bar{H}^{(1)} \quad (6)$$

と表現できる。

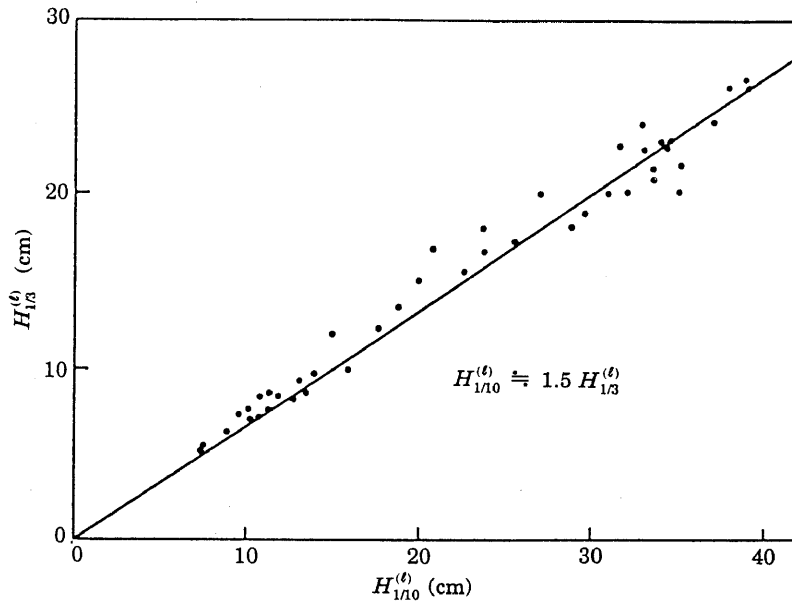


図7.3-3 サーフ・ビートの1/10最大波高  $H_{1/10}^{(t)}$  と1/3最大波高  $H_{1/3}^{(t)}$  との関係

### 7.3.3 サーフビートの波高と波浪波高との関係

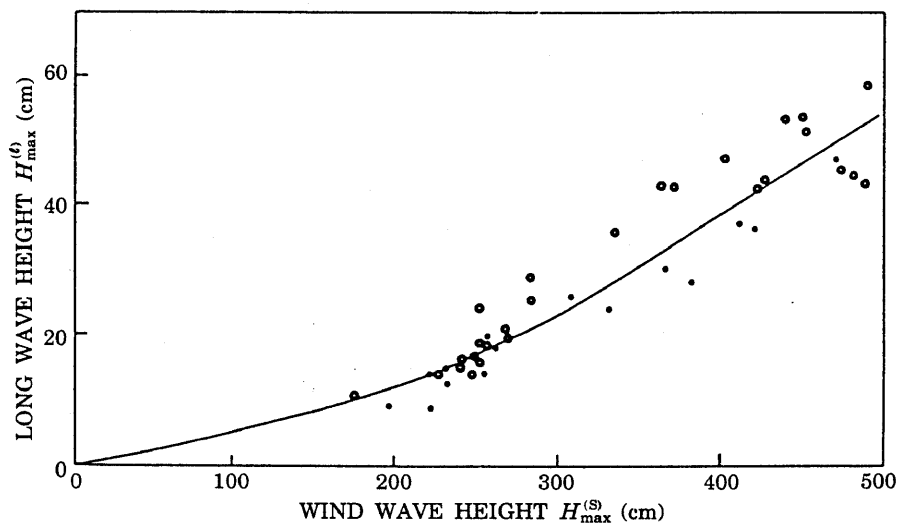


図7.3-4 波浪の最大波高  $H_{max}^{(s)}$  と長波の最大波高  $H_{max}^{(l)}$  との関係

図7.3-4は、最大波高間の関係である。この図から、従来知られているように  $H_{max}^{(l)}$  が  $H_{max}^{(s)}$  の1割程度の大きさであることがわかる。図からわかるように  $H_{max}^{(s)}$  が小さい領域における関係が1次の関係ではないことが注目される。又、 $H_{max}^{(l)}$  が  $H_{max}^{(s)}$  と一義的な関係にない、たとえば、サーフビートが成長するまでにある時間がかかるというようなことも考えられる。図7.3-5は  $H_{max}^{(l)}$  と  $H_{max}^{(s)}$  の時間推移を示したものである。減衰時において、どちらかというとも相対的に、長波が低く出てい

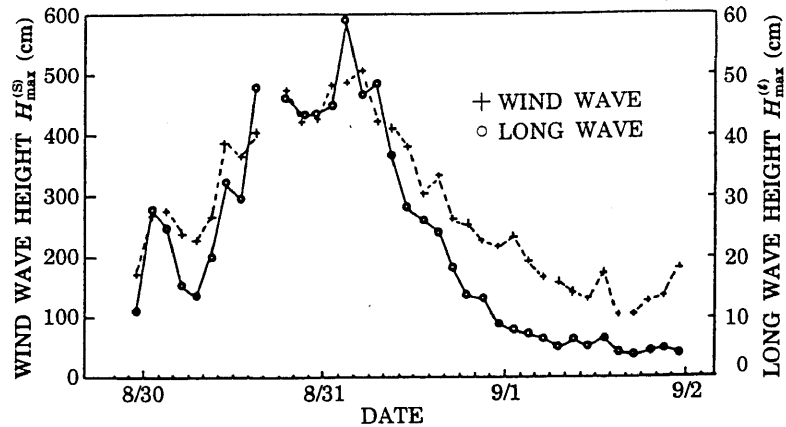


図7.3-5 波浪の波高と長波の波高の変化図

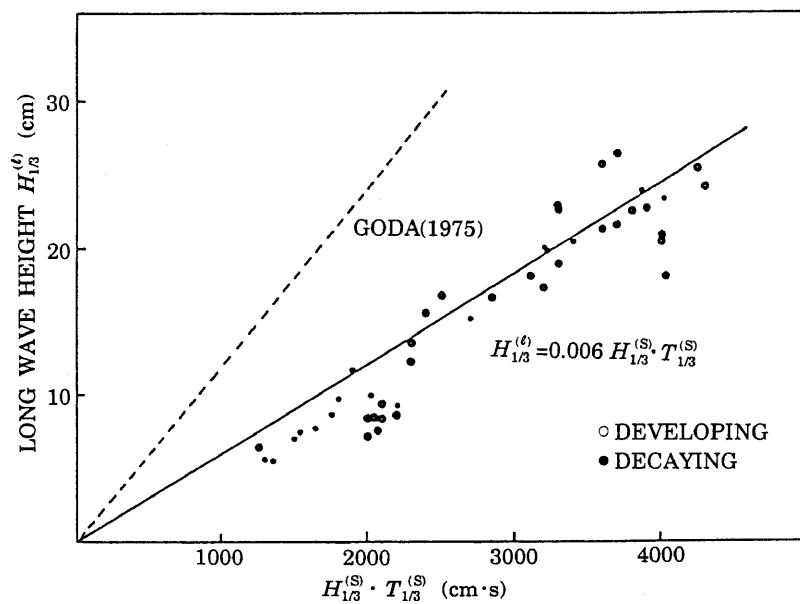


図7.3-6 長波の波高  $H^{(l)}_{1/3}$  と  $H^{(s)}_{1/3} \cdot T^{(s)}_{1/3}$  との関係。○が発達過程に、●が減衰過程に対応している。

る。図7.3-4において、黒塗りが“減衰”過程に対応しており、白抜き印が“成長”過程に対応している。この図から、波の大きい領域で、波高の大きさで明らかな相違が見分けられる。波浪が小さいときに  $H^{(l)}_{max}$  と  $H^{(s)}_{max}$  が非直線的な関係に結ばれること、あるいは波浪の発達・減衰過程において、長波の振幅に差がありそうなことなどから、 $H^{(l)}_{max}$  が単に、 $H^{(s)}_{max}$  に関係しているばかりでなく、長波がMunk(1949)の言明のとおり碎波帯の非線形過程から発生していることを考えれば、波浪の非線形度の目安となる量にも関係していることが予想される。

合田(1975)の実験式は、 $h \approx 20\text{m}$  のときに、

$$H^{(l)}_{1/3} \approx 0.012 H^{(s)}_{1/3} \cdot T^{(s)}_{1/3} \quad (7)$$

となる。図7.3-6は、 $H^{(l)}_{1/3}$  と  $H^{(s)}_{1/3} \cdot T^{(s)}_{1/3}$  の関係を図に示したものである。両者にはかなり系統的な関係があることがわかる。強いて直線的な関係で近似してみ

ると、

$$H^{(1)}_{1/3} \doteq 0.006 H^{(s)}_{1/3} \cdot T^{(s)}_{1/3} \quad (8)$$

となる。

#### 7.3.4 サーフビートの波高と水深との関係

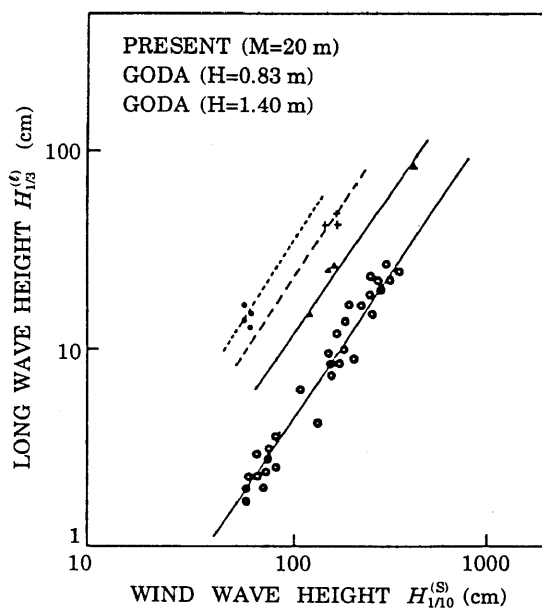


図7.3-7 波浪の1/10最大波高  $H^{(s)}_{1/10}$  とサーフ・ビートの1/3最大波高  $H^{(1)}_{1/3}$  との関係。合田(1975)のデータと今回のデータを示す。

図7.3-7は、 $H^{(1)}_{1/3}$  と  $H^{(s)}_{1/10}$  の関係を両対数グラフで示したものである。この図から、

$$H^{(1)}_{1/3} \propto (H^{(s)}_{1/10})^{1.5} \quad (9)$$

であることがわかる。この図には、合田(1975)のデータ及び、Munk(1949)のデータも示してある。合田の実験式では、 $h/H_0$  が小さいとき  $H^{(1)}$  が  $(H^{(s)})^{-0.5}$  に比例することになっているので、我々の結果は、ある意味で逆センスになっている。

上に求めた実験式を更に精密化するため、次元解析より、

$$H^{(1)}_{1/3} / H^{(s)}_{1/10} = \alpha (H^{(s)}_{1/10} / \lambda)^{1/2} \quad (10)$$

となることが予想される。ここに、 $\alpha$  は定数であり、 $\lambda$  は長さの次元を持つ量である。 $\lambda$  として考え浮かぶのは、波長か深さである。しかるに、合田(1975)の測定結果は、サーフビートが浅い所で異常に大きいことを明確に示している。よって  $\lambda$  として水深  $h$  を採るべきことが示唆される。よって、



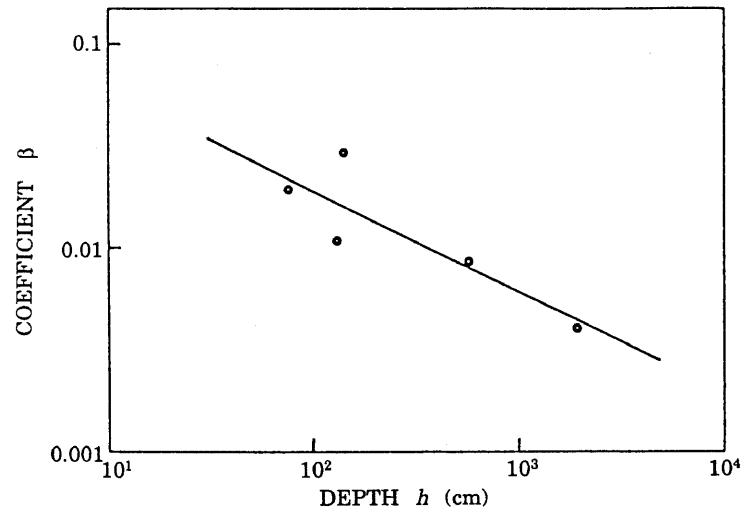


図7.3-8 係数 $\beta$ の深さ $h$ に対する関係。用いたデータは、Munk(1949)、合田(1975)のものと今回の測定によって得られたものである。

$$H^{(1)}_{1/3} / H^{(s)}_{1/10} = \beta (H^{(s)}_{1/10})^{1/2} \quad (11)$$

とにおいて、 $\beta$ の $h$ に対する関係を調べてみる。この図から $\beta$ の値を計算して $h$ に対する関係を示したのが、図7.3-8である。この図からわかるように、予想された通り、 $\beta$ は $h$ に比例している。実際には、

$$\beta \approx 0.23/\sqrt{h}$$

となり、結局、長波と波浪の大きさの間には、

$$H^{(1)}_{1/3} / H^{(s)}_{1/10} = 0.23/\sqrt{H^{(s)}_{1/10}/h} \quad (12)$$

という関係があることがわかった。

Munk(1962)は、サーフビートの波高がエネルギー流束一定

$$H^2 \sqrt{gh} = \text{const} \quad (13)$$

という仮定から導かれる関係、

$$H \propto h^{-1/4} \quad (14)$$

(Greenの法則) よりもっと強く、深さ $h$ と共に減衰すると予想しているが、我々の求めた実験式はまさにそのような形になっている。

サーフビートの周期が波浪のそれに線形に関係していると言え、定量的には、

$$T^{(1)}_{1/3} \approx 7.0 T^{(s)}_{1/10} \quad (15)$$

という関係にある。これは合田(1975)の結果に矛盾しない。ただ、サーフビートの周期が成分波の周期の差に依存していると考えられるので、長波の周期 $T^{(1)}$ は、波浪のスペクトルの構造に依存しているであろう。

参考文献

- 1) 合田良実(1975): 浅海域における波浪の碎波変形. 港湾技術研究報告, 第14巻, 第3号, 59-106.
- 2) Munk, W. H. (1962): Surfbeats. Trans. A. G. U., 30, 849-854.
- 3) 宇野木早苗(1959): 港湾のセイシュと長周期波について. 第6回海岸工学講演会講演集, 1-17.

#### 7.4 相模湾の異常潮位

日平均潮位偏差の変化は、主として低気圧・台風や高気圧の通過、地衡流バランスするような流れ及び暖水侵入によって起こると考えられる。1ヘクトパスカルの気圧の変化は、約1cmの水位変化を引き起こす。

異常潮位とは、日平均潮位偏差 $\pm 10\text{cm}$ 以上が3日以上継続した場合とし、1989年～1993年の5年間に平塚沖波浪観測塔で測得された潮位記録をもとに調べた(表7.4-1)。

異常潮位発生回数は、合計37例であった。そのうち正偏差は20例、負偏差は17例で、前者の方が後者よりも発生頻度がやや高い。異常潮位の極値は、正偏差が'89年8月6日と'91年10月13日の $+29\text{cm}$ 、負偏差が'92年12月5日の $-21\text{cm}$ である。

異常潮位偏差を大島の日平均気圧 $-1.013$ として補正したところ、17例の負偏差の異常潮位は、いずれも高気圧の通過によって起こっている。正偏差の異常潮位は、20例のうち19例が低気圧・台風通過時に起こっていることが判った。さらに、15例は気圧補正しても $10\text{cm}$ 以上の潮位異常がのこり、いずれも相模湾内に黒潮系暖水が侵入していた。潮位異常は、暖水の侵入あるいは暖水の侵入と反時計回りの循環流が重なって起った可能性が高い。No. 8の例('90年12月11日～14日)だけが、高気圧にもかかわらず異常潮位が起こっている。この時に大島東水道から暖水が相模湾に侵入し、反時計回りの循環流と暖水による海水膨張が重なって異常潮位が起こったと考えている。

表7.4-1 異常潮位の継続日数と発生年月日  
 （統計期間：1989～1993年の5年）

## (1) 正偏差

No.	順位	継続日数	発生年月日	終了年月日
1	1	10	93.10. 1	93.10.10
2	2	7	92. 4.28	92. 5. 4
3	3	6	89.12.27	90. 1. 1
4	3	6	91.10.10	91.10.15
5	4	5	92. 7. 5	92. 7. 9
6	5	4	89. 8. 5	89. 8. 8
7	5	4	90. 3. 4	90. 3. 7
8	5	4	90.12.11	90.12.14
9	5	4	91. 3.11	91. 3.14
10	5	4	91. 8. 6	91. 8. 9
11	5	4	92.10.29	92.11. 1
12	6	3	89.12. 7	89.12. 9
13	6	3	89.12.23	89.12.25
14	6	3	90. 1.22	90. 1.24
15	6	3	90. 8. 6	90. 8. 8
16	6	3	91. 3.23	91. 3.25
17	6	3	92. 1.22	92. 1.24
18	6	3	92. 5. 7	92. 5. 9
19	6	3	92. 9.11	92. 9.13
20	6	3	92.10.20	92.10.22

## (2) 負偏差

No.	順位	継続日数	発生年月日	終了年月日
1	1	6	92. 5.11	92. 5.16
2	2	5	90. 5.27	90. 5.31
3	2	5	90.12. 3	90.12. 7
4	2	5	92. 7.20	92. 7.24
5	2	5	92.12. 3	92.12. 7
6	3	4	91. 2.24	91. 2.27
7	3	4	91. 5. 4	91. 5. 7
8	3	4	91.12.13	91.12.16
9	3	4	92.11.11	91.11.14
10	3	4	92.11.27	91.11.30
12	3	4	93. 3. 3	93. 3. 6
13	4	3	89. 1. 5	89. 1. 7
14	4	3	89. 2.22	89. 2.24
15	4	3	90. 2. 5	90. 2. 7
16	4	3	91.11.25	91.11.27
17	4	3	92.11.17	92.11.19

表7.4-2 気圧補正を施した日平均潮位偏差（正偏差のみ）

年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
89	8					2	8	16	7																							
89	12							8	10	11																						
90	1	11																														
90	3				3	2	4	3																								
90	8						0	3	6																							
90	12											8	10	18	17																	
91	3											12	18	20	18																	
91	8						7	7	6	3																						
91	10									8	7	1	7	14	10																	
92	1																															
92	4																															
92	5	8	13	11	11			15	17	9																						
92	7					3	5	4	7	9																						
92	9											0	11	14																		
92	10																															
93	10	22	18	23	25	23	17	11	12	22	16																					

## 第8章 相模湾の津波

## 8.1 相模湾を襲う津波の発生源

## 8.1.1 南関東巨大地震

関東地方南部に大きな津波をもたらす巨大地震の系列がある。相模トラフの断層ずれに伴って起きる「南関東の巨大地震」である。大正12年（1923）の関東震災もこの系列の地震であった。相模湾の中央部には、国府津・松田断層に連続して、北西・南東に走る「相模トラフ」とよばれる海溝線が走っている。この海溝線は、伊豆半島と伊豆・小笠原リッジの諸島を載せるフィリピン海のプレートが北上して来て、日本列島北部を載せる北米プレートの下に潜り込む線になっている。すなわち「相模トラフ」の海溝線は、2つのプレートの境界をなしている（図8.1-1）。フィリピン海プレート

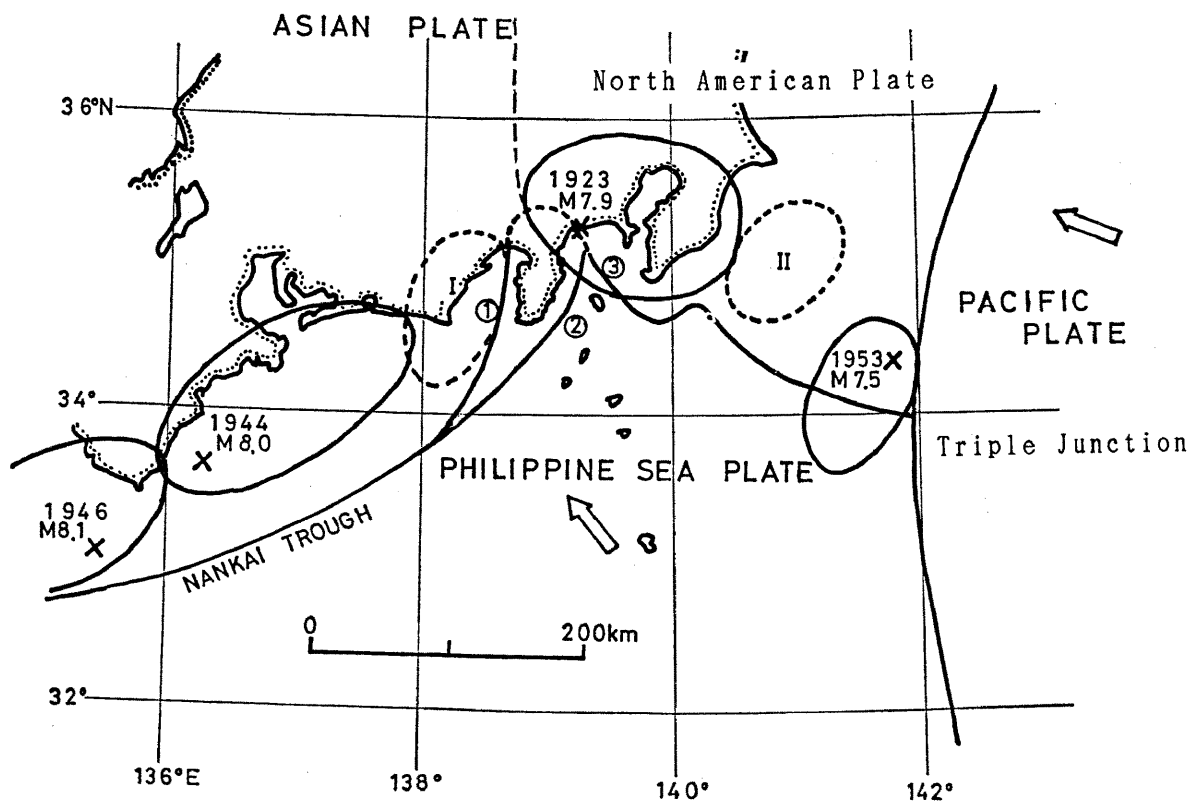


図8.1-1 相模トラフは北上するフィリピン海プレートと日本列島東北部を載せる北米プレートの境界をなしている。関東東南はるか沖にこの両プレートの東から沈み込む太平洋プレートの3つが接し合う「3重会合点、triple junction」がある（藤井、1980、の図に都司加筆）。

は、この海溝線のところで北に向かって沈み込み始め、約30度の傾斜角をなして関東平野の地下に潜り込む。フィリピン海プレートの北上速度は毎年2 cmほどと見積もられている。ちなみに、三陸地方北海道南方海域において、太平洋プレートが北米プレートの下に沈み込んでいく速度は毎年約7 cm~10 cmとされているから、関東地方の「プレート間海溝型地震による」津波の発生頻度は三陸、北海道地方よりは、頻度が低く、長い時間間隔で起きることになるだろう。

沈み込んでいくフィリピン海プレートと、その上に載る関東地方の地殻（北米プレート）のような、擦（こす）れ合うプレートの境界面は一般に「サブダクション・ゾーン」と呼ばれる。このような境界面は、応力が常に蓄積しているところであって、微小な地震がその面上で常時発生している。厳密には、微小地震の発生はサブダクション・ゾーンに沿った平行な2つの平面上で起きているが、いまこの議論に深入りはしない。

さて、境界面の上に載った側の関東平野の地殻（北米プレート）も、普段は境界面での摩擦力のために擦れ合いは起きておらず、沈み込む下側のフィリピン海プレートとともに引きずり込まれ、その結果それらのプレートの境界面に応力が蓄積する。このような境界面の状態を「ロックしている」、あるいは「カップリングしている」と表現されることがある。

注記：一般に片方のプレートが沈み込むプレート境界のところでは、必ず「ロック」されていて、普段は応力蓄積が進行しているのかということ、必ずしもそうではない。たとえば伊豆諸島南方のマリアナ弧のところではプレートの沈み込み線がすぐ近くの海域を走っているにもかかわらず、マグニチュード6.0以上の地震がきわめてまれにしか起きず、したがって津波の発生頻度も（幸運なことに）ごく小さい（図8.1-2）。これはサブダクション・ゾーンが「ロック」されておらず、境界面はほとんど抵抗なく常時ツルツル擦れあって滑っていて、応力が蓄積されないためと理解されている。

関東平野南部が普段は長年的に沈下していることは、例えば三浦市油壺検潮所の長年データに明瞭に記録されている（図8.1-3）。関東地方直下のサブダクション・ゾーンが（不運にも）「ロック」されていて、応力蓄積が日夜なされていることを示す証拠である。このような状態が200年から300年も続くと、下のフィリピン海プレートによる上部の北米プレートの「引きずり込み」の量は4~6 mにも達し、ついに耐えきれなくなって境界面で一気に滑り（dislocation）を生じ、上部の北米プレート側（関東平野側）が下部のフィリピン海プレートの上に乗り上げる。こうして、長年にわた

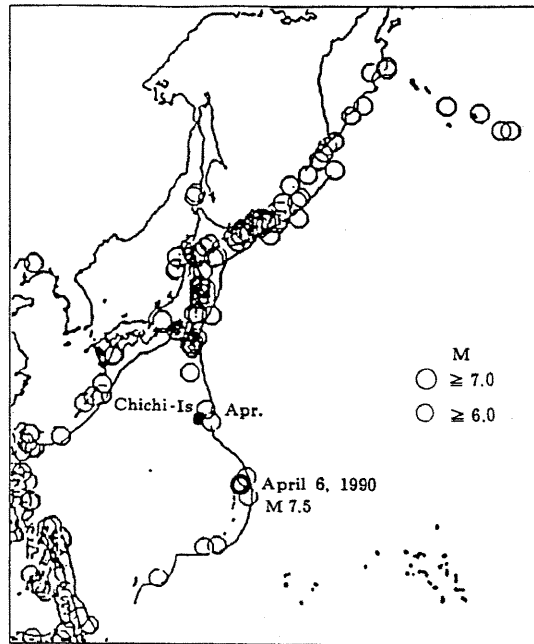


図8.1-2 日本列島周辺で1960～1990年に起きたM6.0以上の地震の分布

同じようにプレート沈み込み線（図中実線）に沿っていながら本州東方、北海道・千島南方に多く、マリアナ列島弧付近には少ししか地震が起きていない。

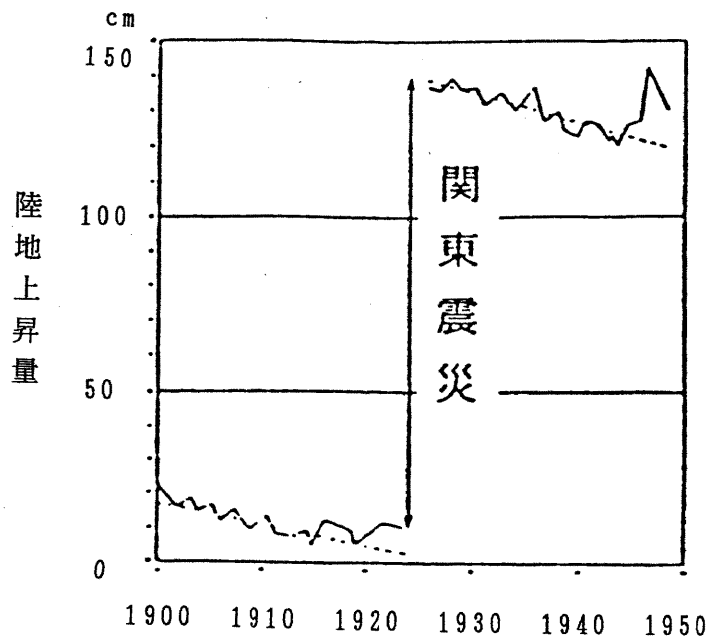


図8.1-3 油壺検潮所での地盤変動（貝塚ら、1974）



って蓄積された応力が解放される。これが「南関東の巨大地震」の発生機構である。フィリピン海の進行方向は海溝線に垂直な北東方向ではなく、真北、ないし北北西方向であるため、このときの滑り方向は逆断層型（乗り上げ型）垂直ずれ成分（dip slip）のほかに、左水平ずれ成分（strike slip）が含まれている。Ando（1971）によれば、1923年の関東震災のときには約3 mの逆断層型垂直ずれと、6 mの左水平ずれ（伊豆半島側が北に突き進み、房総半島が南にせりだす方向のずれ）とが合成された滑りを示したとされる（図8.1-4）。「南関東の巨大地震」が起きると、房総半島や三浦半島の先端部、大磯付近の海岸など関東平野南端部が急に隆起する。三浦半島先端に近い油壺検潮所では、大正関東震災のさいに、半島の先端部が約1.2 m隆起したことが記録された。

われわれは、この「南関東の巨大地震」の系列に属する地震を2個知っている。大正12年（1923）9月1日の正午に起きた関東震災（ $M<\text{マグニチュード}>7.9$ ）と、元禄16年（1703）11月23日の午前3時ごろに起きた「元禄地震（ $M7.9\sim8.2$ ）」である。この系列の地震の繰り返し周期は、テクトニックスの議論や、地質学的な証拠から、およそ250年前後とする見解が有力である。房総半島の先端部は、関東震災のさい、1.6 m隆起し、元禄地震のさいには4.5 mもの隆起を起こした。このことはつまり、関東震災と元禄地震とは同じ断層の滑りによって生じた同系列の地震、つまり兄弟地震であって、しかも元禄地震のほうが兄貴であったことを示している。

このような一連の巨大地震は先史時代にも繰り返して起きてきた。その証拠として次のような事実をあげることができる。房総半島の先端付近、千倉の海岸が6000年間に約25 m隆起したことが指摘されている。ここの海岸には、6000年前の海岸線をしめす標高25 mの地層の下部に4段の隆起を示す海岸段丘が刻まれている。その最下段の標高5 mの段丘は、元禄地震で形成されたものであることは古文書資料などから確証されており、けっきょくこれを含めて最近6000年間に4回、「兄貴」たる元禄地震級の大型の南関東地震が起きていることが判明した（図8.1-5）。その元禄段丘以外の3つの段丘の形成年代は、炭素14法などによって、2900年前、3600年前、および5500年前のものであって、これらの年代に各元禄地震級の大地震が起きてきたことになる。これらは、等間隔に起きているわけではないが、大ざっぱに1500年に1度のできごとである、ということになる。元禄地震が起きてからまだ「わずか293年しか」たっていない現在、元禄地震級の巨大地震が近い将来再来する危険性は少ないと言いうるであろう。ただし「弟」たる関東震災級の地震はこれよりは頻繁に起きることは明白である。

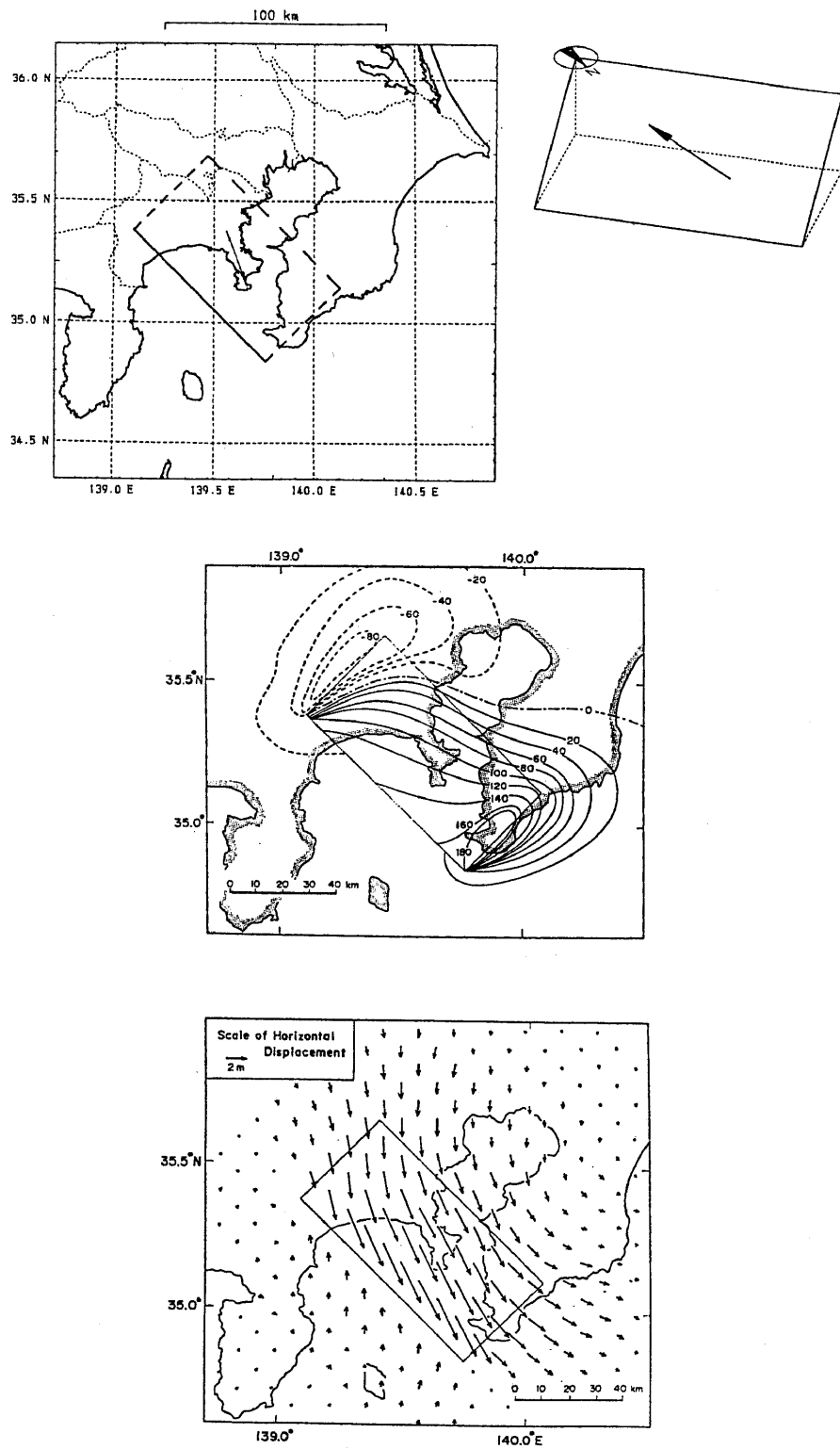


図8.1-4 Ando(1974)による関東震災の断層滑りモデル

上段図は断層の位置、大きさと、上側地殻の相対的な滑り方向（図は佐藤、1989、による）。中段図はこのモデルによる地盤隆起量（実線、単位はcm）と沈降量（波線）の分布。下段図は、地表での水平変位ベクトル。

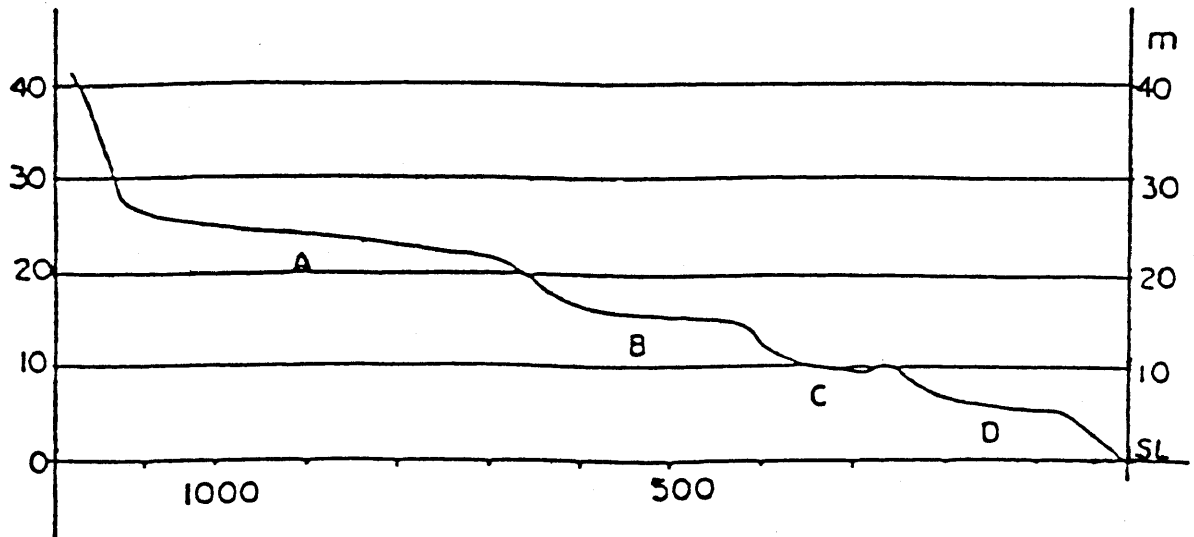


図8.1-5 房総半島南部、千倉付近の地形断面図

(貝塚ら、1974、原図は米倉伸之による)

千倉海岸(右端)から市役所を経て牧田に至るほぼ東西断面。

A : 第1段丘(高度25m、約5500年前)

B : 第2段丘(高度16m、約3600年前)

C : 第3段丘(高度12m、約2900年前)

D : 第2段丘(高度5m、1703年元禄段丘)

南関東の巨大地震が起きると、関東地方、伊豆半島の海岸は、大きな津波に襲われる。相模湾東部の鎌倉、藤沢の海岸、および伊豆半島の真鶴、湯河原や、下田などが大津波に襲われる。前の海が急に深くなっている小田原から大磯にかけての海岸は、津波はあまり大きくなりえない。鎌倉や藤沢が津波が高くなり易いのは遠浅の海が前面にあるからである。

注記：古地震のマグニチュード表記について。主として古文書の被害記載によって判断される古地震のマグニチュードの数値は、古い「理科年表」には、ほとんどの事例について小数1桁まで記されていたのに対し、近年のそれには、 $6 \sim 6 \cdot 1/2$ というふうな幅をもたせて示してある場合が多い。器械計測がなされなかった時代の地震に対して確定的なことが言えるはずがない、という「自制心」が反映している。宇佐美の「資料・日本被害地震総覧」の「旧編」(1975)と「新編」(1987)とのあいだにも同じ様な関係があるが、「新編」の記載は「理科年表」よりも数値範囲が狭い傾向があり、原古文書記載をできるだけ正確に読もうと努めた成果が反映している。つまり、古地震のなかには、震度5の面積からマグニチュードが推定された例もあり、また地変規模、津波規模も考慮に入れられていて、一定の客観性と正確さを主張しうる数値が提示されたものもある、とい

うことである。小数1桁表示の「旧編」ないし古い「理科年表」の数値は、よく似た地震の相互の大小関係を鋭く反映しており、地震間の相互比較に有効であるという点で長所を持っていたのであるが、なにしろ、数値が本質的に物理的な測定量に根拠を持っていないという短所がある。以上のことを考慮して、本稿では、マグニチュードの数値は宇佐美の「新編」の記載の数値に従うことにする。

### 8.1.2 小田原地震

相模湾沿岸では、前節に述べた「南関東の巨大地震」とは別に、「小田原地震」とよばれるM7程度の中規模の被害地震が、規則的に起きていることが指摘されている（論者は多いが、たとえば、石橋、1977）。いま、関東地方南部の地名を、東から房総、江戸（東京）、鎌倉、平塚、小田原、伊豆を縦軸にならべ、横軸に近世以降の西暦年代をとると、図8.1-6が得られる。この図表にちらばる長短の線は、おのこの被害をともなった地震を表している。太い線は木造家屋の倒壊を伴う被害の生じた震度6の範囲を示している。短い波線は津波に襲われた海岸を示している。大正年間の終わりのほうに太い線が1本上下に縦貫しているが、これが関東震災（1923、M7.9）を表している。熱海や鎌倉、三浦半島に津波被害を生じているので、短い波線が書き加え

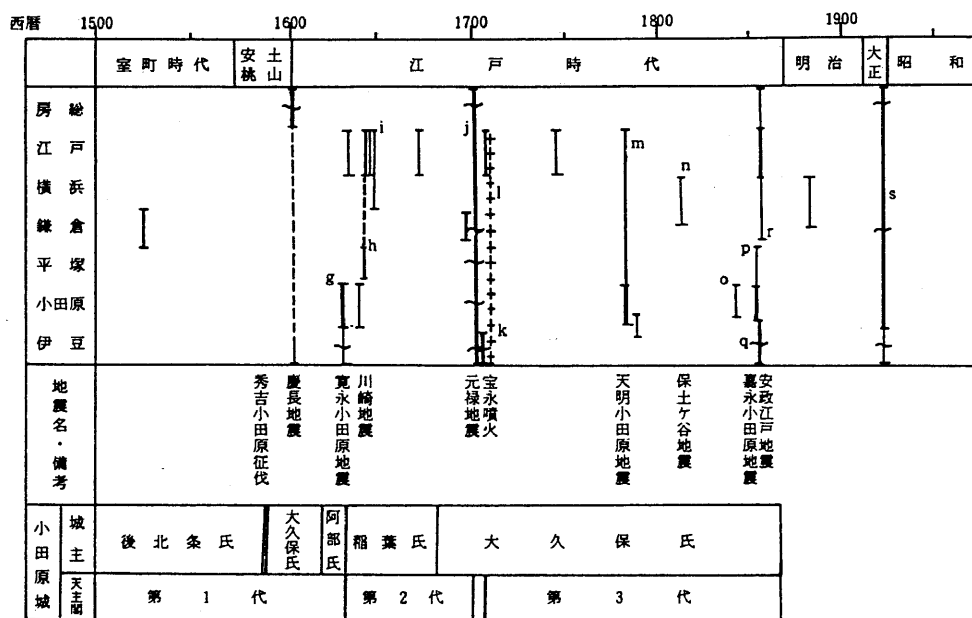


図8.1-6 西暦1500年以降の関東地方南部の被害地震のダイヤグラム（都司、1974）

実戦は被害範囲。太い線は家屋全壊のあった（震度6以上の）範囲。波線は津波に襲われたことを示す。十字鎖線は降灰被害を生じた範囲。下部に小田原城主と天守閣の変遷が示してある。

られている。江戸時代前半の1703年のところにも、同じ様な太い線が縦貫している。いうまでもなく、元禄の巨大地震である。さて、この2本の太い長い線以外の短い線は一見、ランダムに現われているように見えるが、よく見ると一群の線が立て続けに現れている時期と、線がほとんど現れていない時期が交互に繰り返していることに気が付く。

いま、小田原の所を古い年代から横にたどってみよう。まず1633年（寛永10年）の「寛永小田原地震」（M7.0）にぶつかる。被害範囲は小田原から、熱海、宇佐見、三島など神奈川県西部と静岡県伊豆北部に限定される。関東震災より0.9小さい。地震マグニチュードは、0.2違うと規模が2倍違うので、0.9小さいということは、地震規模は約20分の1であるということである。したがって、寛永小田原地震の規模は、関東震災の約20分の1しかないことになる。つまり、寛永小田原地震は相模トラフの滑りによる元禄地震や関東震災などの「南関東の巨大地震」と同じ系列の地震ではない。小田原に震度6をもたらした地震を寛永小田原地震を起点として現在まで図8.1-6の図表をたどると、1703年の元禄地震（M7.9~8.2）、1782年（天明2年）の天明小田原地震（M7.0）、1853年（嘉永6年）の嘉永小田原地震（M6.7）が起きている。そしてこの嘉永小田原地震の70年後の1923年に大正関東震災（M7.9）を迎えることになる。

注記：地震マグニチュードが7前後の「中規模」な小田原地震と、マグニチュード8にも達する「南関東の巨大地震（元禄・関東震災など）」とは別の系列の地震である。明らかに小田原地震は国府津松田断層や相模トラフのプレート境界面の滑りなどはともなっておらず、震度6の範囲の広がりや、地殻変動などもまるで異なるのである。しかし、この両者は全く無関係ではない。実は、「南関東の巨大地震」は、「小田原地震」の要素を含んでいて、「小田原地震」を引金にして起きるという説がある。元禄地震や関東震災の地震動分布や、関東震災の地上に現れた活断層の分布などを子細に検討すると、国府津松田断層や相模トラフの断層面の滑りだけでは説明できず、「小田原地震」の要素を含んでいるのである（石橋、1985）。

けっきょく、江戸時代の始めから今日までに、小田原地方は、1633年寛永、1782年天明、および1853年嘉永の3度の小田原地震が起きており、これらに小田原地震の要素を含むと考えられる元禄、関東震災を加れば、小田原地方は70年から79年の間隔で震度6の地震を経験していることになる。詳しくは次節に述べる。

この3度の小田原地震とも、相模湾の海岸は、小規模ではあるが津波に襲われている。1853年の嘉永小田原地震に津波が伴っていたことは、理科年表にも、渡辺（1985）

の「日本被害津波総覧」、あるいは、宇佐美(1987)の「新編・日本被害地震総覧」にも記載されていないが、相田(1990)の古文書分析で1 m程度の津波があったことが指摘された。

### 8.1.3 「小田原地震」と「南関東の巨大地震」の関係

以上のように、相模湾沿岸地方には、「南関東の巨大地震」と「小田原地震」の2種類の系列の地震が起きていることを述べたが、この両者は無関係ではない。2度の「南関東の巨大地震」と、3度の「小田原地震」とを年代順に並べると、ほぼ規則正しく70年余りの間隔で並んでいることに気づく。すなわち、次のように発生年代が並んでいるのである。

					1993	
1633	←70→	1703	←79→	1782	←71→	1853
寛永小田原		元禄		天明小田原		嘉永小田原
		(巨大)				大正関東
						(巨大)
						1923 ←70、79→2002

さらに、元禄、大正関東の2度の巨大地震の震度分布を詳しく調べてみると、この2回の巨大地震のさいにも小田原から足柄平野にかけてが、もっとも木造家屋の倒壊率や、人の死亡率が高かったことが指摘されている(都司、1985、石橋、1984、1985)(図8.1-7)。さらに大正関東震災のさい、地上に現れた活断層線のうち、伊豆半島や初島に現れたものは、あきらかに国府津松田断層、相模トラフの断層運動だけでは説明ができず、大正関東震災にも小田原地震の要素が含まれていたことが石橋(1987)によって主張されている。この主張に従うと、小田原地震はあくまで、70年から79年の間隔で規則正しく起きているのである。しかし、江戸時代の初頭以来起きた3度の小田原地震を引き起こしているのは国府津松田断層・相模トラフ海溝線の滑りではない。石橋(1985a)は、真鶴岬のすぐ沖合い海域から小田原市街地の地下を通り南足柄市関本付近にいたる地下に「西相模断裂」とよばれる地下の活断層構造があり、この活断層が約70年で応力限界に達して、「小田原地震」を引き起こすのであると主張している。赤桐(1989)は同様の構造の存在を主張し、「早川・関本断裂」という用語で呼んでいる。「西相模断裂」の存在については、小田原市街から真鶴沖にいたる海底の急斜面地形や真鶴沖海底の「シロウリガイ」の群落などが間接的な根拠とされる。また、大久保ら(1991)による早川付近の重力場の精密測定では、想定された「西相模断裂」のあたりで、重力の分布勾配が急になっているのが認められた(といっても、活断層に特有なステップ状の急変分布が明瞭に見られた訳ではない)。

# Model VI

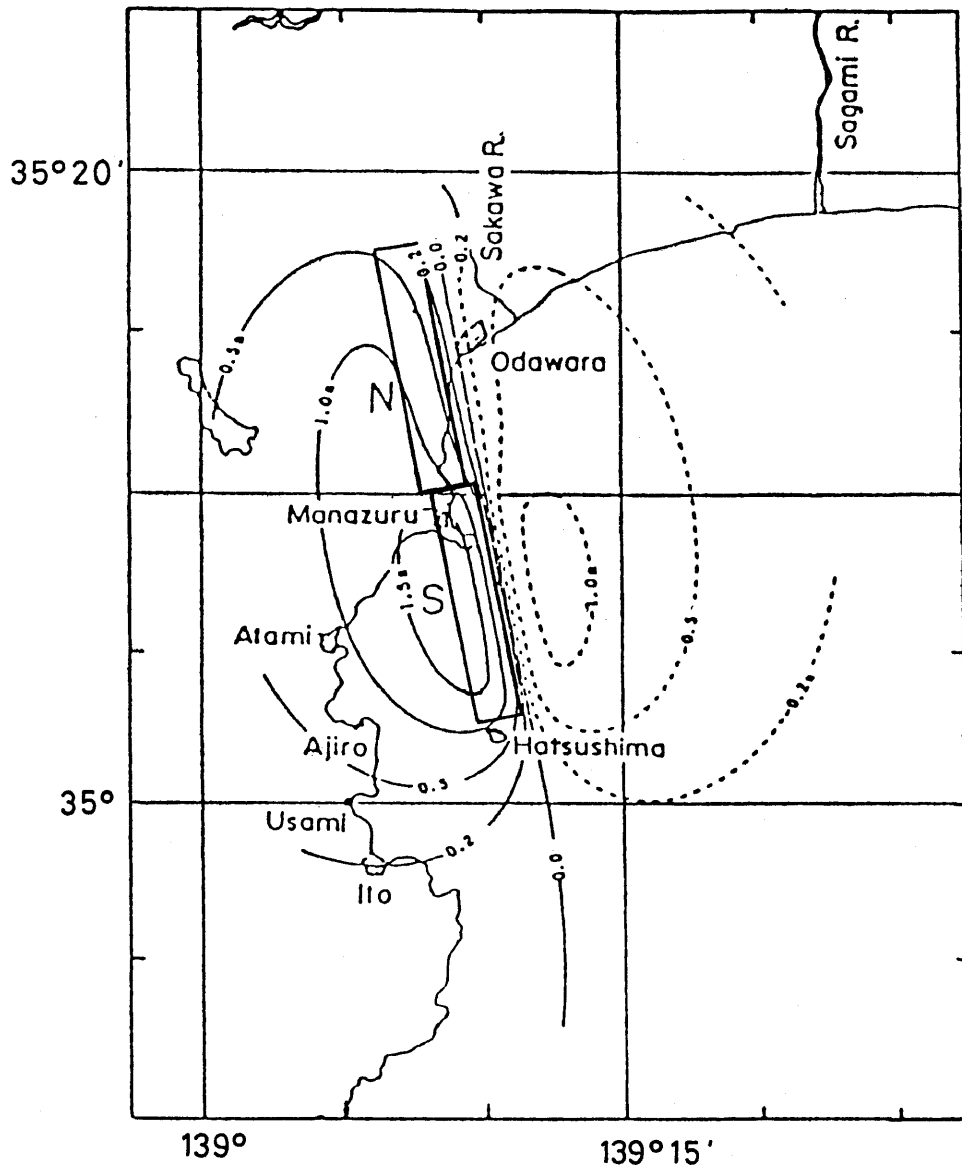


図8.1-7 寛永小田原地震（1633）の推定断層モデル（相田、1990）

断層はほぼ石橋（1990）の主張する「西相模湾断裂」のところにあったと想定されている。南北2枚のほぼ垂直な断層面からなる。熱海・宇佐美間の津波高さがほぼ古文書記載に相応する、とされたモデル。

しかしながら、藤原ら（1990）の、断裂線を4本の線で東西に横切った重力観測では、特に明瞭な重力分布のステップ構造は見いだされていない。「西相模断裂」にたいして、もっとも否定的な見解が寄せられるのは、地質学の研究者たちからである。

「それほどに繰り返し活動した断層があるならば、地質の上の明白な証拠が見えるのが自然であるのに、そのようなものは見いだせない」、というものである。この意見

にも肯定派から「地上に地質学的痕跡が無くても、滑り面が十分深いところにあれば地上からは見えないのは当たり前だ」の再反論があるが、そこまでいくと、双方の論争は、やや検証困難な仮定を次々頭の中だけで創造して辻つまを合わせたような、「水掛論」に墮する恐れがある。

以上「西相模湾断裂」の存在に関しては、必ずしも客観的に裏付けられているとはいえない。「西相模湾断裂」の存在と、それが小田原地震の発生原因と主張できるか、ということについてはひとまず置いて、70年余の間隔で小田原地震が起きるさい、相模トラフのプレート境界に250年前後に相当する応力蓄積があるときには、それによる巨大地震が誘発される、という主張がある（石橋、1988）。いまその主張をたとえてみるならば、次のようなことになるであろう。

小田原では約70年に1度マッチが擦られる。そのとき、相模トラフに火薬が十分積まれていれば、これに引火することがある（南関東の巨大地震となる場合）。しかし、火薬の蓄積が十分でない場合には、火薬には引火せず、マッチの火だけで消えてしまうこともある（小田原地震となる場合）。

1923年の関東震災からすでに72年が経過し、そろそろ「マッチが擦られる」時期が近いことが予想される。では、このとき「火薬に引火」して南関東の巨大地震となるのであろうか？幸いにも、どうもそうではないらしい。約250年前後を周期とすると考えられる「南関東の巨大地震」を経験してからまだ72年しかたっていないからである。

以上の議論は、1つの仮説による解釈を、やや断定的に述べすぎたきらいがある。また、「西相模断裂」の実在性が地震学者、地質学者たちの間で承認されているわけではないという点に議論の余地がある。しかしながら、相模湾西部の地震発生の将来の推移はおおよそ上述のような経過をたどるであろうと想定しても大きな相違はあるまい。

#### 8.1.4 関東南東はるか沖の地震による津波

相模トラフの海溝線は、延々と南東方向に延び、関東東方沖の海域で日本海溝に出会ってここで終点となる。この点は、東に太平洋プレート、南西にフィリピン海プレート、北西に北米プレートと、三つのプレートの出会う所で、三重会合点（triple junction）と呼ばれる。1923年の大正関東震災の主原因は、相模トラフの断層面の滑りによるものである。元禄地震もまた、同じ相模トラフの滑りで起きたものである。このことは、房総半島、三浦半島の先端部が隆起したことから明らかである。これにたいして、同じ相模トラフの断層の滑りによる地震でありながら、その発生位置が「南



関東の巨大地震」のように陸に近くなく、関東地方の南東はるか沖の日本海溝に合する三重会合点に近い所で起きるケースがある。1953年の房総半島南東沖地震（M7.4）がその例であるし、1605年の慶長地震（M7.9）、1677年の房総半島南東沖地震（M8.0）もまたそのような地震であると考えられる。このあたりで起きる地震の起き方には周期性が見いだせない。この、一群の地震による津波は、場合によっては房総半島外洋側で被害を伴う大きな津波となることがある。例えば、1677年の津波のときには、九十九里海岸の上総一宮で標高6.7mの場所にあった家屋が流失し、137人の津波による死者を生じた。相模湾では房総半島ほどには大きな津波とはならないであろうが、しかしやはり相模湾にとっても警戒すべき津波を引き起こす地震である、ということができる。

#### 8.1.5 東海沖の巨大地震による津波

紀伊半島の南東沖海域から、遠州南方海域を震源とする一連の巨大地震が100年余りの周期でかなり規則正しく起きていることが知られている。1707年の宝永地震（M8.4）、1854年の安政東海地震（M8.4）、1944年の東南海地震（M7.9）などが最近の例である。震源はときには駿河湾内部から富士川流域に及ぶこともある。1854年の安政東海地震がそうであった。この系列に属するいずれの地震も紀伊半島熊野地方の海岸から静岡県海岸にかけて、大きな津波に見舞われる。約900軒の家屋が軒を連ねていた伊豆下田は、1707年、1854年の2度の東海地震のさいに、ともに6～7mの津波に襲われ約95%の家屋が津波で流失した。相模湾はこの東海地震の震源からみて伊豆半島の背後に当たっているため、大きな津波とはならない。しかし、安政東海地震の際には、伊東市川奈、湯河原町福浦、逗子市小坪、など、少しずつの居住地浸水被害を生じたことが知られている。1498年の明応東海地震の津波もまた、鎌倉に少しの影響を及ぼしている。

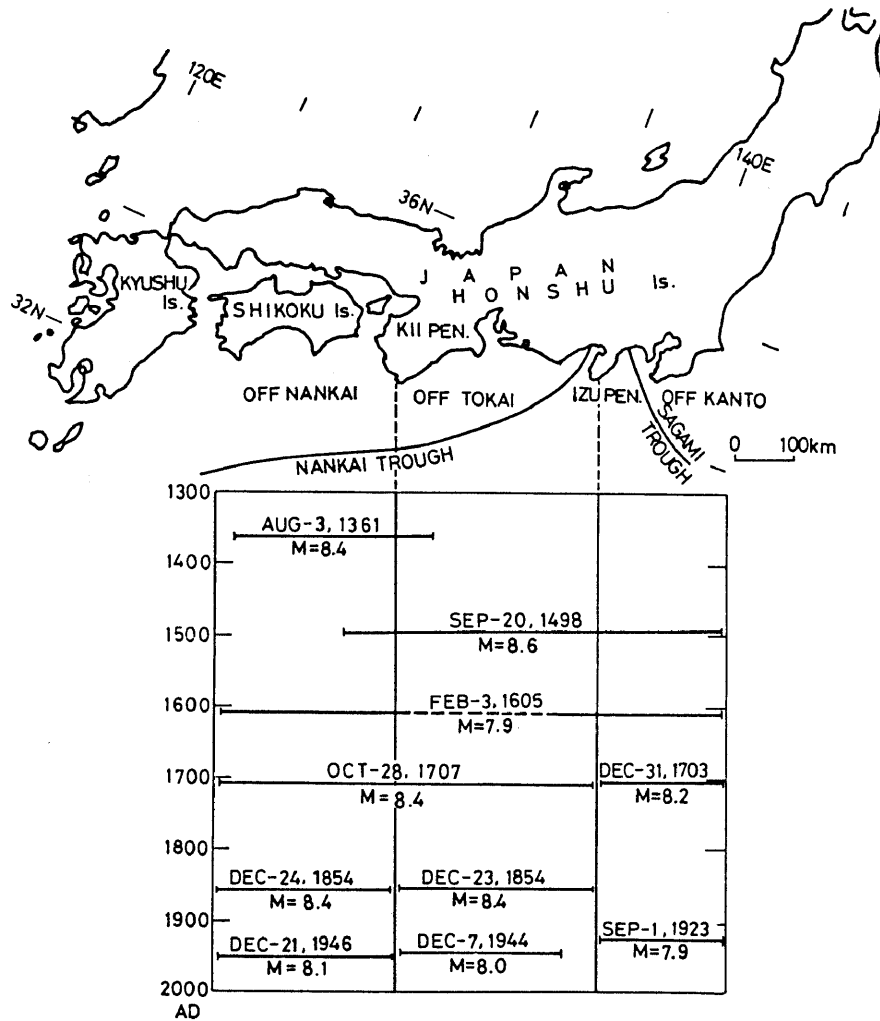


図8.1-8 関東、東海、南海地方の各南方沖に発生した巨大地震のダイヤグラム  
線の範囲はほぼ震源域の広がりを表している。東海地方の沖合いでは、1498年（明応7年）、1707年（宝永4年）、1854年（安政元年）、および1944年（昭和19年）にそれぞれ巨大地震が起き、それぞれ津波による大きな被害を出した。

#### 8.1.6 遠地津波

相模湾を襲う津波はなにも関東、東海沖という近い海域で起きた地震による津波ばかりではない。南米や、アラスカ、カムチャッカなど、遙か太平洋の対岸から伝わってくる遠地津波もまた相模湾にやってくる可能性がある。日本列島では、遠地津波は、三陸地方、あるいは紀伊半島で大きな被害を生ずることが多く、相模湾ではあまり大きな被害として現れた例は知られていない。1960年のチリ津波が、遠地津波の代表例である。

## 8.1.7 近時伊豆近海に発生した無被害の津波

1974年5月9日の伊豆半島沖地震（M6.9）の発生以来、伊豆半島近海ではしばしばM6.5程度の小規模の被害地震が起き、それぞれに小さな津波を伴っていた。1978年1月14日伊豆大島近海地震（M7.0）、1980年6月29日伊豆半島東方沖地震（M6.9）、1982年12月28日三宅島近海地震（M6.4）などであり、いずれも津波規模 $m = -1$ であって、検潮所での観測最大全振幅が50cmに満たない無被害の津波であった。

伊豆半島東方から神津島、三宅島方面の海域は最近2、3年、微小地震の活動がきわめて活発になってきており、次の小田原地震との関連性も考慮すると、注意深くその動向推移を見守る必要がある。

## （参考）津波の規模階級

津波は、海域で起きたM6.3以上の、海底下80km以浅に震源がある地震の場合に発生する。津波規模を表す数字として、今村・飯田の尺度 $m$ が定義されている。波源域（震源）に近い海岸での津波浸水高さの代表値を $H$ （m）とすると、津波規模 $m$ は、およそ次の式で与えられる $-1$ 以上の整数である。

$$m = \log_2 H$$

津波規模 $m = 0$ では、海岸家屋には、ほとんど被害を生じず、 $m = 1$ で浸水家屋が始め、 $m = 2$ で人の死傷を含む被害が出る可能性がある。3は400km以上の海岸に顕著な津波被害がでる可能性がある。羽鳥（1986）の津波規模 $m_H$ は、遠方の波高値まで考慮して、0.5刻みで次の式によって定義したもので、今村・飯田尺度を拡張したものである。

$$m_H = 2.7 \log_{10} H + 2.7 \log_{10} \Delta + C$$

ここで、 $\Delta$ は震央から測定点までの海上最短距離（km）、 $C$ の値は、小規模な津波にたいして4.3、大規模な津波にたいして4.8が提案されている。ロシアのSolov'ievの規模階級も、ごく小規模な津波に付いて $m = -3$ まで定義を拡張したもので、これも本質的には今村・飯田尺度と同じものである。Abe（1981）の津波マグニチュード $M_t$ は、検潮記録上の振幅をもちいて、数値的に地震の実体波マグニチュード $M_w$ に近似するように定数を定めたもので、日本付近の津波に対して、

$$M_t = \log_{10} H + \log_{10} \Delta + 5.80$$

で計算される。ここで $H$ は検潮記録上の最大全振幅（単位m）である。この規模尺度は明治中期以前に起きた歴史津波には適用できない。

## 8.2 相模湾津波史

この節では、前節に述べたような、相模湾に起きた津波の特性を踏まえて、実際に相模湾を襲った個々の津波事例を見ておこう。

### 8.2.1 古代中世の津波史

関東地方に起きた地震の最古の記録は、「類聚国史」に記された平安時代の始め、弘仁2年(818)7月の相模、武蔵など関東6国の地震である。この地震に津波があったとされたことがあるが、現在では否定的である。平安時代には、このほかに元慶2年(878)相模武蔵等関東諸国の地震、および長久2年(1042)の浅草寺の地震記録が知られているが、津波が伴ったとは書かれていない。はっきりした相模湾の津波記録の最古の記録は、鎌倉時代以降に現れる。

関東地方に首都があった鎌倉時代には、1241年(仁治2年)と1257年(正嘉元年)の2度の津波が記録されている。しかし鎌倉時代が過ぎると、関東地方は再び記録の暗黒時代を迎える。江戸時代が始まるまで、関東地方の地震記事はきわめて乏しい。著しい災害現象があれば、ほぼもれなく現代に伝えられるようになるのは、1603年以降の江戸幕府の開府以後のことなのである。

なお、以下の記事で津波マグニチュード $m$ については、渡辺(1985)に従って記した。

#### 弘仁2年(818)7月の関東の地震 $M \geq 7.5$

「類聚国史」に、「相模、武蔵、下総、常陸、上野、下野、等国、地震、山崩れ谷埋まること数里(古代の1里は約500m)、圧死の百姓勝(あげて)計えるべからずく数えられないほどである>」、と記した後、八月の記事に、「如聞(聞くところに依れば)、上野国等境、地震災為、水潦相仍(すいろうあいよる)、人物凋損」という文面が現れる。問題は「水潦」の意味である。従来これを相模国での津波記事と理解されてきた。しかし、辞書によれば、「水潦」は「雨水」、あるいは「溜り水」のことであって、津波とはかけ離れた意味である。また、この文の主語は上野(群馬県)等であって、この点からも津波があったと理解するのは妥当ではない(萩原、1982)。この記事は「理科年表」、「被害地震総覧」、などにも津波を伴った事例として引用されたことがあるが、関東地方中央部を震源とする地震であって、津波なしとするのが妥当であろう。

仁治2年4月3日（1241年5月22日）の鎌倉の津波  $M=7.0$ 、 $m=1$

鎌倉幕府の日記体の公式記録である「吾妻鏡」によると、「戌刻（20時）大地震、由比浦大鳥居内拝殿、潮に引かれ流失す。着岸の船十余艘破損す」と記されている。鎌倉鶴岡八幡の参道の一番海岸に近いところにあった「浜鳥居」の内側（陸側、鶴岡八幡に近い側）の拝殿が流失した。また、停泊していた船10隻余りが破損したというのである。津波高さ2、3 mと推定され、津波規模は $m=1$ と見積られる。地震の震源は不明だが、鎌倉で地震による被害が無いこと、京都でこの地震が有感でない（「百練抄」などの日記に記事なし）ことから、地震規模は $M=7.0$ ほどの、相模湾内の中規模な地震であったと推定される。

正嘉元年8月23日（1257年8月23日）の鎌倉の地震と三陸津波  $M=7.0$ 、 $m=1$

夜20時の大地震によって鎌倉の神社仏閣一つとして無事なものなく、山崩れ、地裂け水吹き出す。家屋転倒し、築地はことごとく破損した。中下場橋付近で地裂け、その中から青い炎が出た。この日、岩手県野田、久慈の海岸に津波ありと伝える（「岩手県沿岸大海嘯取調書」、山奈宗真著）。鎌倉の記録に津波記事がなく、相模湾の津波があったかどうかは不明。三陸地方の津波記事は別の地震による津波か。地震規模は $M7.0$ とされる。

応永14年12月14日（1408年1月21日） 熊野地震  $M=7.0$ 、 $m=1$

本宮の温泉80日間止まる。「大日本府県志」に「伊勢記」の引用として、「大潮陸地に至り、地大に震す」という文が載せられている。また、「続本朝通鑑」に「鎌倉海溢」の文字が書かれており、伊勢、鎌倉に津波があったと判断される。ただこれらの資料はともに、後世の引用史料であって確実さに欠ける。津波発生直後に書き残された直接史料の発見が望まれる。この地震が京都で有感であったことは、「教言記」に「十二月十四日地震、酉の一点（18時）」と記されていることから証明される。熊野、伊勢、鎌倉の津波と、那智本宮の温泉停止は、小規模ながらこの地震が東海沖の地震であったことを示している。とすれば、地震規模、津波規模とも上記数値より大きかった可能性がある。

永享5年9月16日（1433年11月7日）  $M=7.1$ 、 $m=1$

夜半大地震、相模大山の仁王の首が外れ谷底に落ちた。鎌倉鶴岡八幡始め堂舎倒れ人が多く死んだ。山崩れ築地ことごとく転倒した。福島県坂下町塔寺八幡宮拝殿回廊、

宝蔵島居が倒れた。東京湾に津波が入り、利根川（当時利根川は東京湾に入っていた）の水が逆流した。震源は東京湾の入口付近とされる。津波記事があることから相模湾内に震源のある地震であろう。

明応7年8月25日（1498年9月20日） 明応東海地震  $M = 8.2 \sim 8.4$ 、 $m = 3$

午前8時、東海沖海域に起きた史上最大の地震で、宇佐美（1975）の「旧編」では  $M 8.6$  という数値が記されている通り、日本列島周辺に起きた史上最大の地震である可能性が高い。震度6の範囲は、熊野那智、伊勢市、北勢町、静岡県浜岡、焼津、甲府盆地、塩山、および越後にまでおよんでおり、明白に駿河湾内部にまで震源域の入った、安政東海地震と同じタイプの東海地震であったことを示すものである。また、津波で、伊勢神宮付近大湊で死者5千人と「内宮子良館日記」に書かれている。浜名湖が海につながった。駿河湾で2万4千人の死者であったことが焼津の「林叟院記録」に記されている。伊豆西海岸の沼津市西浦江梨、小土肥、田子などが壊滅的な津波被害に有ったことが伝えられている。これら相模湾内では津波浸水高さが10mを越えた場所が各所にあったものと考えられる。

津波は相模湾にも入り、鎌倉では海水は「千度壇」に達したと「鎌倉大日記」に記されている。「千度壇（せんだのたん）」とは、鶴岡八幡宮の参道の上で、参詣者が馬を降りるところで、標高4mほどである（山本、1982）。鎌倉で200人が溺死したと書かれている。さらに「鎌倉大日記」には「水勢、大仏殿堂舎屋を破る」と書かれていて、大仏殿が津波の被害に遭ったように記されているが、鎌倉大仏の足下の地面の標高は12mであり、「海水千度壇に達す」と大きく矛盾する。「鎌倉大日記」編纂のさいに、異なる2系統以上の原史料のいずれかに混乱があったのであろう。渡辺（1985）の津波高さ分布図に、鎌倉で8～10mと記されているのは、大仏殿被災を事実と判定したものであろうが、これは正しくなく、津波浸水高さは4mと改められるべきである。

なお、津波は房総半島にも及んでいて、小湊誕生寺が津波による海岸侵食のために壊滅したことが伝えられている。

宇佐美の「新編」（1987）の地震規模記載は上記のようであるが、地震による被害の程度と広がり、津波の規模からして、安政東海地震（ $M 8.4$ ）を上回る地震であったことは確実で、「旧編」（1975）の記載に従い、 $M 8.6$ としたい。すなわち、各種の史料からみて、この地震が日本列島周辺におきた史上最大の地震であった、と考えることが可能である。

### 8.2.2 江戸時代の津波

慶長9年12月16日（1605年2月3日）  $M = 7.9$ 、 $m = 3$

房総半島南東はるか沖を震源とする地震。ほぼ同時刻に、四国南方海域を震源とする別の地震が起きており、ともに大津波を伴っている。

夜20時ころ、武蔵相模の二国で強い地震が感じられた（続本朝通鑑）。ついで房総半島外洋側にわかに潮が引き、約30町（3 km）干潟となった。夜半過ぎ大山のごとき潮が押し寄せて来て、小湊、岩和田など45カ所の沿岸集落が津波に壊滅した。伊豆西海岸西伊豆町仁科で12、3町浸水した、との記事があり、相模湾にも津波が及んだ事は確実である。しかし、相模湾でのこの津波の被害に関する記録は残されていない。なお、「日本被害津波総覧」（渡辺、1985）、「日本被害地震総覧」（宇佐美、1975）などに、三浦三崎で津波死者153名、という記載がある。「蒼屋雜記」の「夜亥ノ刻、三崎浦大潮指（さし）、浦中男女百五十三人死」に基づくものであるが、石橋（1985b）はこの記事は、土佐国播多郡三崎（土佐清水市）の記事であって、相模とは無関係な記事であることを明らかにした。八丈島の津波被害が大きかったことなどから、羽鳥（1979）は、このうち房総沖の震源を、房総半島遙か沖合いの三重会合点付近を震源とする、相模トラフ延長部におきた地震によるものであると論じている。

寛永10年1月21日（1633年3月1日） 「寛永小田原地震」  $M = 7.0$ 、 $m = 1$

朝、小田原で大地震があり、城の多門、櫓、門塀石垣ことごとく倒壊。小田原城下で死者150人を出した（震度6～7）。箱根道落石で人馬死あり。三島、吉原で小被害あり震度Vとみられる。津波が、熱海、網代、伊東市宇佐美をおそった。

伊東市宇佐美の行蓮寺津浪供養塔は、宝暦12年（1762）に建てられた元禄地震（1703）の津浪犠牲者の碑であるが、その文に寛永10年（1633）の津波の記事が出て来る。「伝へ聞く、寛永十癸酉正月十九日大地震之時、河井水乾、海面潮退五、六町、魚在沙上数多也。莊父走取之、帰陸後潮漸来、民屋漂破溺死者二、三人」、とある。すなわち、津波は最初潮の引きで始まり、約600mほど水際が後退して、多数の魚が砂の上に置き去られていた。これを取りに行った人が戻った頃ようやく潮が満ちてきて、家屋が流失し、宇佐美の2、3の人が津波に溺れて死んだというのである。町屋流失の記事から、熱海での津波の高さは5 m、宇佐美でもやはり5 m程度と推定される。津波高さ、被災の様子から  $m = 2$  とすべきであろう。

延宝5年10月9日（1677年11月4日） 房総半島沖地震  $M = 8.0$ 、 $m = 3$

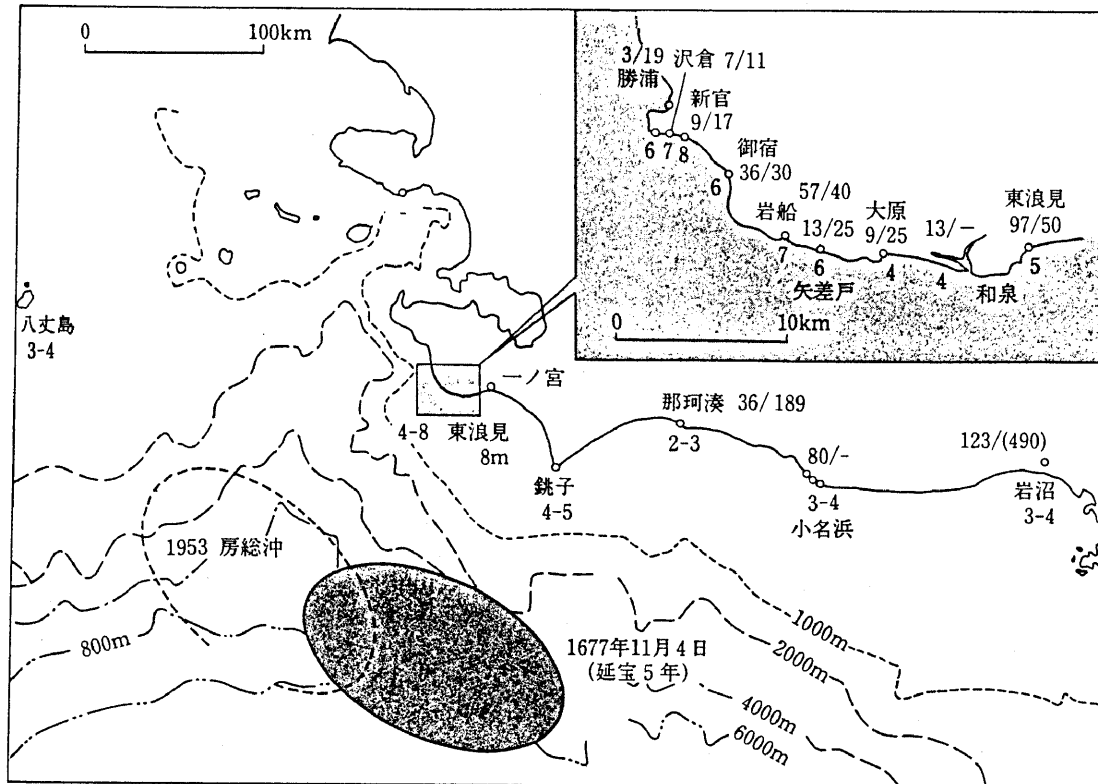


図8.2-1 延宝関東東南方沖地震津波

斜線は推定波源域、海側の数字は推定津波高、陸側の数字は津波被害で、溺死者／破壊家屋数（羽鳥、1997、の図に少し加筆）。

明治29年（1896）の明治三陸地震津波と同じ様な「地震動は弱く感じられる、しかしその割に、非常に大きな津波が襲って来る」という「津波地震」のひとつである（石橋、1985b）。上総一宮の庄屋・児安惣次左衛門の「万覚書写」の記載によると、この日の夜、20時頃小地震が感じられた（震度2）あと、大きな津波が南東方向からやってきて、一宮の宿場境から釣村（約3km南方）にかけて52軒の家屋が全壊し、137人の溺死者がでた。ここでの敷地地盤高さは6.7mであるので、浸水標高は8mを越えたことは確実であろう。房総半島ではこのほか、合計231人の津波による死者が記録されている。津波の被害記録は、北は宮城県岩沼にもおよび、ここでも490軒の流失家屋と123人の溺死者を生じた。このような広範囲に大きな被害をもたらした大津波であったにも関わらず、地震そのものによる揺れは小さかった。すなわち、上総一宮で「小さな揺れ」（震度2）であったほか、江戸（東京）では単なる有感地震（震度2から3）、さらに日光では無感であった（「日光社家御番所日記」）。地震による揺れが小さい割に津波が大きい典型的な津波地震である。

この津波は伊豆八丈島の谷戸ヶ里が浸水し、船13隻が流失した。青が島でも水主1人



が溺死した。津波はさらに、愛知県知多郡内海、および師崎浦におよび潮の差引14、5度が記録され、破船24隻を出した。以上のことからこの津波が相模湾にも及んだことは確実であるが、相当する記録は見つかっていない。

津波の範囲からして、関東地方南東方遙か沖の、プレートの三重会合点付近に起きた地震であったと推定される。

注記：渡辺(1985)の「日本被害津波総覧」のこの津波の説明文中に、「伊豆東岸で船4隻破損、田畑浸水、水死3」の記載があるが、これは武者(1943)の「増訂・大日本地震史料」に引用された「玉露叢」の「伊東出雲守領」の被害記事を総括したものである。しかし、この記事は、この津波の6日前の九州での暴風雨の被害記事であって、この津波とは無関係である。また現在の伊東市の領域は、当時「伊東出雲守領」ではなく小田原藩稲葉氏の領地であった。

元禄16年11月23日(1703年12月31日) 午前3時 「元禄地震津波」  $M=8.2$ 、 $m=3$

南関東の巨大地震の一つで、津波もまた南関東地方にとって最大のものであった。三浦半島剣崎の福泉寺で、檀徒15人が津波で死亡し、鎌倉材木座の光明寺の門前の石段海拔8mのところまで浸水したと記録されている。藤沢の江ノ島付近の海岸に遭難石碑があり、神奈川県(1990)の報告によれば、津波の高さは6m程度であった。平塚では、須賀の杉山家文書に記録があって、相模側河口付近が砂で埋まったと記されている(津波浸水高さ2mほど)。大磯は50mばかり浸水したのみ、小田原は津波に対しては無被害である(海岸の寺町に津波被害なし)。真鶴、熱海、伊東の津波被害が大きかった。

元禄津波の高さは、伊豆多賀で海面より10丈(30m)と伝え、伊東市鎌田地区の伝承や、海蔵寺の石段伝承にしたがえば海拔約20mの高いところにまで上ったことになる。神奈川県調査では、真鶴で8m、鎌倉光明寺石段浸水の伝承から8mの数値がでている。異常に大きな数値であるが、いずれも容易に疑うことができない史料に根拠を置いているため、元禄地震津波の高さは改めて測定される必要があろう。伊東市宇佐美での死者は380人とされる。渡辺(1985)の「日本被害津波総覧」には、熱海、伊東市和田、宇佐美で5mと記載されているが、死者の異常な多さから考えても、とてもそのような小さな津波高さで説明できないであろう。伊東市川奈では海蔵寺の石段の上から3段目まで潮が上がったと伝えている。恵鏡院の過去帳に檀徒三十二人流死と記録されている。また慈眼院の檀徒は「63人水死」と書かれている。旧新井村弘誓寺の過去帳には18人の溺死者が記録されている。旧鎌田村は、大川にそって浸入し

た波先は、鎌田、八千代に及んだ。競輪場のやや下流の「船の洞」、「櫓が淵」はともに津波によって船が運ばれてきたのに由来する。鎌田神社の北側の「よこまくり」の地名も多くの津浪犠牲者を生じたところであると伝えている。「船の洞」の対岸に塚田とよばれる小字があり、昔「津浪地蔵」があった（川奈以下の記事は「ふるさと覚書補遺」、島田千秋、による）。

伊豆大島の岡田でも家屋56戸が流され、死者56人を出し、船18が流没している。波浮池が海とつながったのはこの津波による港口の決壊による。新島本村字池ノ原で津波死者1名が出た。八丈島は中の郷で女子1人が溺死した。

当時戸数約900軒であった伊豆下田では、492軒流失、死者27を出した。浸水標高5mほどであろう。

南伊豆町旧竹麻村（湊）では、吸虹（きゅうこう）の下道、早稲田、寺の下まで潮が入り、大原丁畑に砂が入って浜となった。手石は田尻畑、和田の前まで船が流された（「山田健治氏所蔵文書」）。「吸虹の下道」を現在の山田書店前T字路交点とみて、その標高は2.4mである。この高さをここでの津波の高さとする。

清水市三保では「和田の海、池尻」から海水が浸入し、家の前に波がきて人々は宮へ避難した。夜の内大波三、四度という（「三保村用事覚」、遠藤邦夫氏所蔵）。房総半島にも重大な被害をもたらしており、御宿（おんじゅく）領内の死者465人、九十九里海岸片貝付近の4ヶ村の死者合計だけで1092人を数える。この津波の記録を西にたどると、愛知県知多半島の大野で神社浸水、名古屋港でも潮の異常に気付かれ、紀伊半島新宮市三輪崎で家屋流失、尾鷲市九鬼、和歌山市、高知港でも記録されている。

房総半島での津波被害は特に著しく、九十九里浜で1092人を数える。海水は白子、長生村で内陸3kmにまで浸水した。北は福島県いわき市、岩手県大槌町にまで津波による被害が生じている。津波規模は $m=3$ とされるが、正確な津波浸水高さの測量がなされれば、あるいは $m=4$ とすべきこととなろう。明応地震津波（1498）とならぶ、わが国の津波災害史上屈指の大津波である。

表8.2-1 元禄地震による相模湾の浸水標高（神奈川県、1986、羽鳥、1975）

場 所	津波浸水高
川崎塩浜	1.0～1.5m
横浜野毛山	3～4m
浦 賀	3.5m
三浦市松輪	6～8m
鎌倉光明寺	8m

片 瀬	6m
平塚須賀	2m
大 磯	2m
小田原	4~5m
米 神	4m
熱 海	5m*
宇佐美	5m*
川 奈	4m
下 田	3m*
南伊豆町湊	3m
大 島	10m

\* をつけたものは、史料状況からこの数値をかなり上回る津波浸水高さであったと考えられる。

宝永4年10月4日（1707年10月28日）14時 「宝永地震」  $M=8.4$ 、 $m=4$

東海沖の海域を震源とする巨大地震（ $M8.4$ ）で、紀伊水道沖の南海地震が同時に発生したものと見られる。遠州海岸では、御前崎から横須賀（大須賀町）、福田（ふくで）港の海岸が隆起しており、震源域が紀伊半島東南沖から遠州沖、さらに御前崎付近にまで達していたことは確かである。ただし、相良、三保半島などには海岸での地盤隆起を示す記録がなく、また清水市や蒲原など富士川流域での本震による震度分布から、震源域が駿河湾内に入っていたかどうかは確証できない。

南伊豆町湊では、早稻田、寺の下まで潮が入った。家前道には藪際まで、大原丁、田尻畑、和田の前まで、田尻より大山口まで（潮入り）と「山田健治氏所蔵文書」に記されている。津波高さ2mほどであろう。

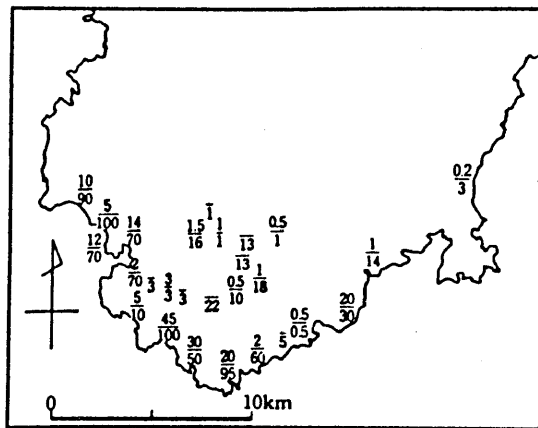
下田では、津波のために全戸910軒のうち流失皆潰857、半壊55、死者11人、破船53（一説93）を出した。羽鳥（1977）によれば、下田の市街地での津波の高さは7mとしている。下田以東の津波被害記録は残されていない。

宝永地震の津波は、紀伊半島、四国と西に行くにつれて海岸での浸水高さが大きくなる傾向がある。

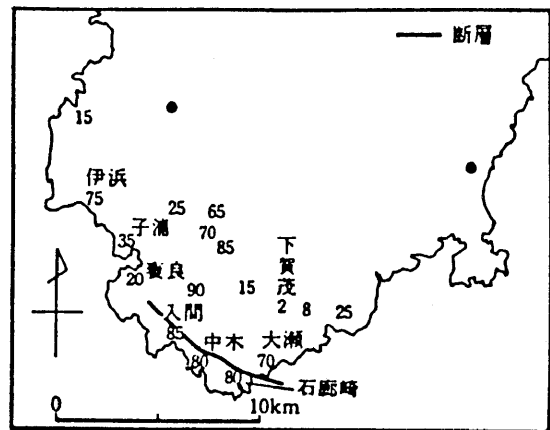
享保14年2月9日（1729年3月8日） 享保南伊豆地震  $M7.0$ 、 $m=0$ （本稿推定）

この地震は下田で「家宅、土蔵多く傾きあるいは覆り」と「下田年中行事」に記録され、下田で震度5から6であった。伊浜、落居（南伊豆町）でも石垣の崩れを生じている（震度5）。下田市吉佐美では、「村々所々大地割れ（震度5）、川筋の分は水湧き出候」とあって、砂の流動化と地下水の噴出現象があった。吉佐美の大賀茂川

を小さな津波が遡った。すなわち、大きな地震であったので村人が津波が来るぞと騒いでいるうち、「よた（つなみ）入れられ候とも、存の外少々川筋ばかりにて、村中へは上げ申さず」とあって、居住地、田畑へは浸水しなかった。高さ1 mほどの小津波であった。地震被害分布、遠方有感分布（京都などで有感）、小津波の存在など、昭和49年（1974）伊豆半島沖地震に似ている。被害範囲、津波をともなっていたこと、京都、奈良、江戸、日光等の範囲で有感であることなど、1974年の伊豆半島沖地震（M6.9）にきわめてよく似た地震であって、しかも、津波規模、下田での被害がこれ



家屋被害率（全半壊率／被害率）  
〔村井・金子，1974〕



墓石転倒率〔村井・金子，1974〕

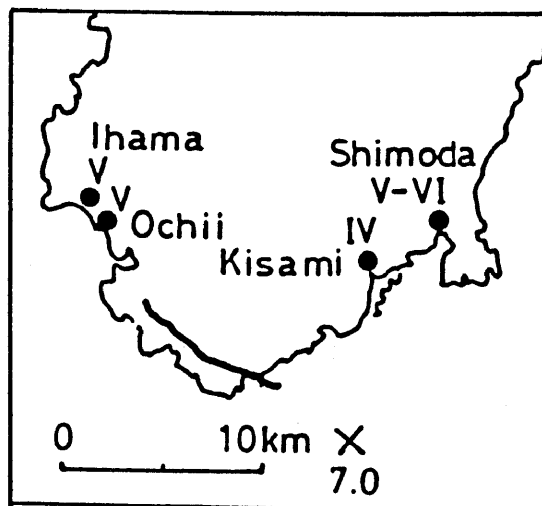


図8.2-2 1974年伊豆半島沖地震の家屋被害率（左上）と墓石転倒率（右上、宇佐美より、1987）。下図は1729年南伊豆地震の震度分布。〰は津波、×印は推定震央。

よりやや大きい。伊豆半島南部のいずれかの活断層の滑りによる地震であったと推定される。宇佐美（1987）には地震規模の記載がなく、渡辺（1985）には記載がまったくないが、小規模ながられっきとした津波をとまなう被害地震である。地震規模 $M$ は7.0とし、津波規模は $m = 0$ とする。この津波は、江戸時代に記録された津波としては最小規模のものであろう。

天明2年7月15日（1782年8月23日） 「天明小田原地震」  $M = 7.0$ 、 $m = 1$

この日2時と15時に大地震があり、小田原城の櫓、石垣破損、天守閣が傾いた。城下では須藤町、大工町、竹の花などで被害が家屋被害が大きかった。小田原では家屋被害は人家破損800軒で全壊家屋は少なかった模様（震度5～6）。死者は出なかった。大山で山崩れ、死者あり（震度5）。江戸でも瓦がおちた（震度4）。

小さな津波があり、熱海市網代を襲っている。津波の原因となった地震は午前2時のほうである。すなわち、「熱海市史 資料編」に掲載された岡田家文書、「網代村名主又蔵答申書写」に、鰯漁業に対する租税35.65石の取り決めがあったが、（漁港の設備が）「天明地震之節、浪崩れなどこれあり」、税金を半分にしてもらったという記事がある。津波による浪よけ（防波堤）の被害を物語るものであろう。宇佐美ら（1984）は震度5の範囲から地震規模を $M7.1$ としている。津波規模は $m = 1$ 、とする。なお、宇佐美の「旧編」（1975）、および渡辺（1985）は、小田原で「津波城下に迫る、房総半島にも津波があった」、の記載がある。「天明記聞」の「小田原城中へ水押し入り、死亡せし者甚だ多く」と、「房州辺は一村人家一軒も残らぬ所これある由」の記載による。しかし、この地震で小田原の城内、城下とも死者は一人も出ていないことは、地震発生の直後小田原で記載された「小田原大秘録」などの記録に明らかであり、房州の記事もまた他史料に全く無く、現地の同時代史料中に記載のないものである（この点、宇佐美ら、1984、および石橋、1985bの考察がある）。

嘉永6年2月2日（1853年3月11日） 「嘉永小田原地震」  $M = 6.7$ 、 $m = 0$

小田原城の天守閣の壁、瓦が落ち、小田原城下19町のうち竹の花町、須藤町、大工町は町屋総崩れとなる。しかしこれ以外の場所の建物被害は軽微であった。小田原城下で死者1人、真鶴で死者5、南足柄市和田、大井町山田、松田町寄（やどりぎ）で各々死者あり。相模国小田原藩領全体で死者19人であった。従来、この地震による津波は知られていなかったが、相田（1990）は、次のような史料に注目し、小さいながら津波があったことを立証した。

すなわち、「地震紀類」に、小田原沖に漁に出ていた漁師の話として、「伊豆の国伊東の山動き出し、高くなり低くなりしすると見るうち、海原に一筋の道を立て同じ様に揺り出し、早川の流れに入りて小田原より雨降山（大山）の方へ動き出しつ。この筋におりあふ船はふなはだ（舷腹）を破られ等して、からふじて（かろうじて）陸につ（着）くに、こをはづれ居たれば（「この筋」から離れた海上では）常にかわりたる事なかりし」と書かれており、海のある線を境にして、急激で小さな海面変動（＝津波）があったことがわかる。ただし、津波の被害はなく、津波規模は $m = 0$ 、と考える。

安政元年11月4日（1854年12月23日） 安政東海地震  $M = 8.4$ 、 $m = 3$

東海沖の巨大地震の一つで、震源域は明かに紀伊半島東南沖から駿河湾内部、さらに富士川河口の内陸部に達している。相良港、三保半島の隆起、および富士川下流の「蒲原地震山」、「松岡地震山」（富士市）の出現は断層滑りに伴う地変が駿河湾奥の内陸部に達していたことを示すものである。大きな津波を伴い、伊豆下田はその最大の被災地となった。すなわち、当時下田は廻船の寄港地として幕府直轄の地とされ、函館とともに国際的な開港場となったばかりで、当時875軒の家屋があり、3851人の人が住んでいた。地震後「たばこ2、3ぷく呑む間」の時間（15分ほどか）が経過して、高さ7、8尺（2.1～2.4m）「一の波」が来た。この波で市中は一面浸水した。「浪後日乗」によれば、この波は下田富士の麓に達している。この波で流失したのは海沿いの1筋の家屋のみであって、市街地の大半の家屋はただ浸水しただけであった。そのあとの引きで、海水はいったん犬走り島の沖まで引いた（柿崎村鈴木庄五郎記録）。このとき大工町と弥治川口の2ヶ所で火災を生じた。

二の波は高さ一丈二尺（3.6m）と記録され、また町の敷地より二丈（6m）とも記され（豆州下田湊津浪地震噺）るほど高く、これが最大であった。この波で下田の町は一時に将棋倒しとなった。800石積みの大船が13隻下田の市街地を越えて西の岡方村、北の本郷村に打ち越えた（以上、主として「憂北生伊豆下田よりの書状」による）。このとき下田港内若の浦に停泊していたロシア船ディアナ号は纜（ともづな）が切れて漂流し始めた。その後に来た三の波は下田湾東部の柿崎村をおそい、17、8隻の船が村に打ち上げた。このとき下田の中心街にはもう全く家がなく、いっきに市街地背後の岡方村、本郷村に進んだ。この三の波でロシア船は「七分」傾いた。実はこのとき船内は浸水をはじめていた。一丈を越える波は7度来た。下田全体で875軒のうち、821軒が流失皆潰、30軒半壊水入、4軒無事で、死者122人を出した（「下田伊勢町田

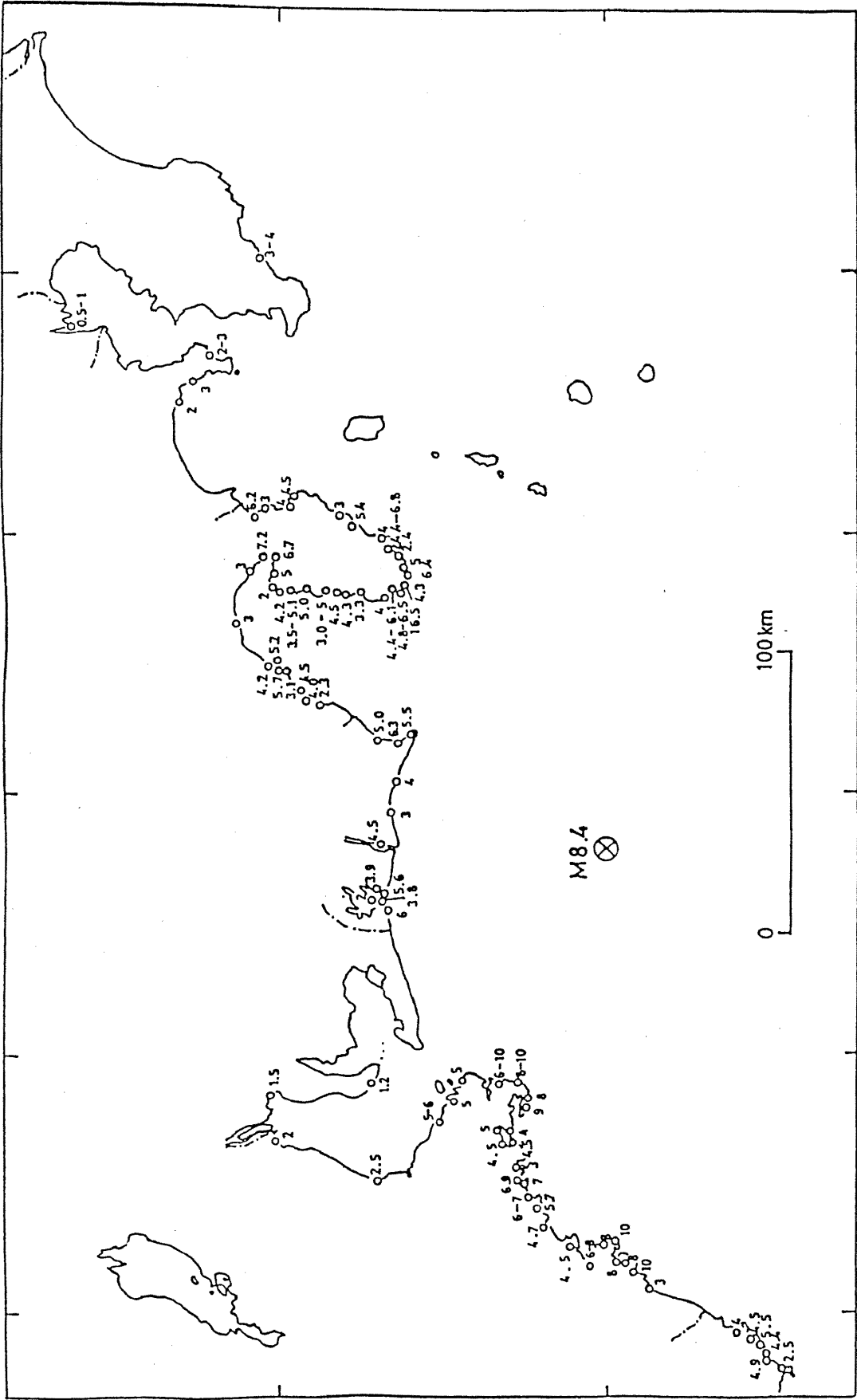


図8.2-3 安政東海地震（安政元年<嘉永7年>11月4日、1854年12月23日、M8.4）による、津波の浸水高さの分布（m）。羽鳥（1977）ほか数件の文献による。

畑九兵衛・安政2年控」＜下田奉行・伊沢美作守の公式記録＞）。現在の下田の中心市街地の山側の一部は当時岡方村であった。ここでも96軒が流失皆潰、13軒（一説25軒）が半壊水入となり、死者2人を出した。下田湾内の柿崎でも75軒が流失皆潰水入であった。「諸御用日記 二番」に、辛うじて流失を免れた少数の家屋に残された浸水痕跡から計られた、各地面からの浸水高さの数値が記録されている。現在の下田郵便局付近にあった下田の豪商、「わたきち」こと綿屋吉兵衛の本宅のあったところで、そこでの浸水標高（東京湾平均海面高度、TPという）は6.8mということになる。これが、下田市街地での最高水位である。

なお、海水は、八幡神社境内の石段の3、4段まで、あるいは、神官碓井氏宅の床上四尺と伝えられている（浸水標高4.3m）。下田の寺は福泉寺、海善寺、本覚寺が皆流れとなり、稲田寺の本堂の床面に泥水がついた（標高3.5m）。泰平寺は敷地岩上3尺5寸上まで海水が来た（標高4.3m）。

柿崎の玉泉寺では門前の石段3段目まで海水が来たとの伝承を残しており、羽鳥（1984）はその高さを標高6.4m、としている。また岡方村での津波浸水標高を4.8mとしている。稲田寺の「つなみ塚」、宝福寺の襖の浸水痕跡（標高4.7m）と了仙寺の柱に船のぶつかった傷跡、柿崎玉泉寺の露人の墓、武浜防波堤碑文など、下田には長く後世にこの津波を伝える記念物が残った。

伊豆東海岸については、羽鳥（1984）の詳しい調査があり、以下これにしたがって述べる。下田市外浦は、松本（1974）によると、家屋浸水があったとされる。

稲取では、東町「うしろ小路」から上った水と、港から上がった水とが市街地で衝突したとされ、また三島神社下で床上浸水であった。また八幡神社前石段に港から入った海水が押し寄せた。この伝承から浸水高さは5.4mと推定される。

伊東市川奈の海蔵寺では門前の石段3段目まで潮がついた、との伝承がある。この標高は4.5mである。恵鏡院の過去帳には、潮の干満は四つ時（10時）から八時半（15時）まで続き、六つ上刻（18時）には止む、と記録されている。

宇佐美では、地震と津波で留田港が崩れ、漁船が流失した。海水は数町ひいた。

網代では、津波は、「2、3町引くかとみれば、またすぐ満ち、1刻の間に数回繰り返す」と「網代村誌」に記されているのみで、被害はなかった。

伊豆多賀（熱海市）では、「田方郡誌」に海岸沿いの人家が20軒流失したとあって、羽鳥は津波高さを4～5mとしている。

熱海では、銀座通りの日吉なつ氏宅で、津波のとき家の前に「あわび」が流れ着いたので、「あわび屋」の屋号を生じた、との伝承がある。同宅前は地盤高が6.2mもあ



るが、これを正しいとすれば相当な被害があったはずであるが、熱海村庄屋今井氏の記録にも具体的な被害記事がなく、この伝承は参考として見るにとどめたい。

なお、安政東海地震の起きた嘉永7年11月4日午前9時の32時間後、5日17時にこんどは紀伊水道・四国南方海域を震源として安政南海地震（M8.4）が起きた。これによる津波（ $m = 3$ ）も下田に達している。「憂北生伊豆下田よりの書状」によると、下田では「夕六つ半ごろ（19時）、下田岡方村へ上がった」けれども（浸水高3 m）、もはや流すべき家もなかったのも、「さして騒ぎ申さず」であった。この二の波も10町ばかり（約1 km）揚がった。

さらに安政東海地震の約11ヵ月後の安政2年9月28日（1955年11月9日）に、最大余震（M7.0）が起きている。これにも小さな津波（ $m = 1$ ）が伴っており、下田で観察されている（下田市、「森斧水文書」）。

湘南海岸は、駿河湾からみて伊豆半島の「影」にあたる位置にあることから、安政東海地震の津波はさして高くはならなかったが、三浦半島での信頼性の高い日記史料を根拠として、神奈川県（1986）は、鎌倉で2 m、逗子で3 m、浦賀で2、3 mという数値を出している。羽鳥（1977）など数種の文献を総合して、安政東海地震の津波の高さの全体分布を図8.2-3に示してしておく。

### 8.2.3 近現代の津波

近現代になると、三浦市油壺湾に油壺検潮所が明治27年（1894年）に開設されたのを初めとして、器械による津波観測が始められた。昭和35年から46年までの間に、神奈川県が管理する検潮所（多くは水圧式）が、三崎、葉山、江ノ島湘南港、大磯、小田原早川港、真鶴の6点で開設された。現在では、さらに防災科学技術研究所の平塚沖波浪観測塔、地理院の伊東、初島、水路部の南伊豆（小稲）でも検潮観測が行われている。このように、検潮所による津波観測が行われるようになると、無被害の津波規模  $m = -1$  の津波もキャッチされるようになった。

さらに、明治29年（1896）の三陸津波のように、相模湾からかなり離れた地方で起きた津波もまた、相模湾内の各観測点でも記録されるようになった。それらもまた、「相模湾の津波」には違いないが、人間社会に影響を及ぼさなかった小さな津波を個々に論じてもきりがないので、明治以後現代の津波としては、津波被害を伴った例のみを見るにとどめる。近代以降は、太平洋を横断してくる遠地津波による小被害の例が目だって来る。

明治10年（1877）5月10日 イキケ地震

南米チリ国北部のイキケ沖でM 8～8.5の大地震が起き、 $m = 4$ の大津波を生じた。津波は太平洋を横断して日本でも記録された。函館では2.4m、釜石では3m、東京湾で70cmの水位の上昇を見た。房総半島で津波による死者を生じた（渡辺、1985）。

明治16年（1883）8月27日 クラカトア火山爆発による津波

インドネシア国ジャワ島とスマトラ島の間のスンダ海峡で、火山島クラカトアが大爆発を起こし大きな津波が引き起こされた。火山爆発と津波によってこの海峡に面した各集落で合計36000人の死者が出た。津波は日本列島にまで伝播して来て、相模湾、下田港でも潮の異常が観測された。

大正12年（1923）9月1日 「関東震災」  $M = 7.9$ 、 $m = 2$

小田原地震と、それによって誘発された相模トラフの断層滑りが引き続いて起きた地震とが引き続いて起きたものと解釈され、海溝型地震である後者の地震（解放）エネルギーのほうが圧倒的に大きかった。東京の被害は主として火災によるものであって、実際に震度が大きかったのは、小田原、湘南海岸地方、鎌倉、三浦半島、及び房総半島の先端部で、これらの場所で、木造家屋の倒壊率は50%を越え、震度7であったと見られる。

表8.2-2 大正12年関東震災の津波の高さ（渡辺、1985、神奈川県、1986）

場 所	浸水高さ	場 所	浸水高さ
房総半島		鵠 沼	6m
布 良	4.5m	平塚須賀港	3.5m
木更津	1.6m	大 磯	1.8m
神奈川県		小田原米神	4.5m
三 崎	6m	岩	6m
城ヶ島	3m	真 鶴	6m
油 壺	1.8m	伊 豆	
葉 山	5.4m	熱 海	9m
逗 子	5m	網 代	3.8m
鎌倉光明寺	8.4m	宇佐美	7.5m
稲村が崎	6m	伊 東	9m
片 瀬	6m	河 津	3m
江ノ島	3～5m	下 田	2.5m

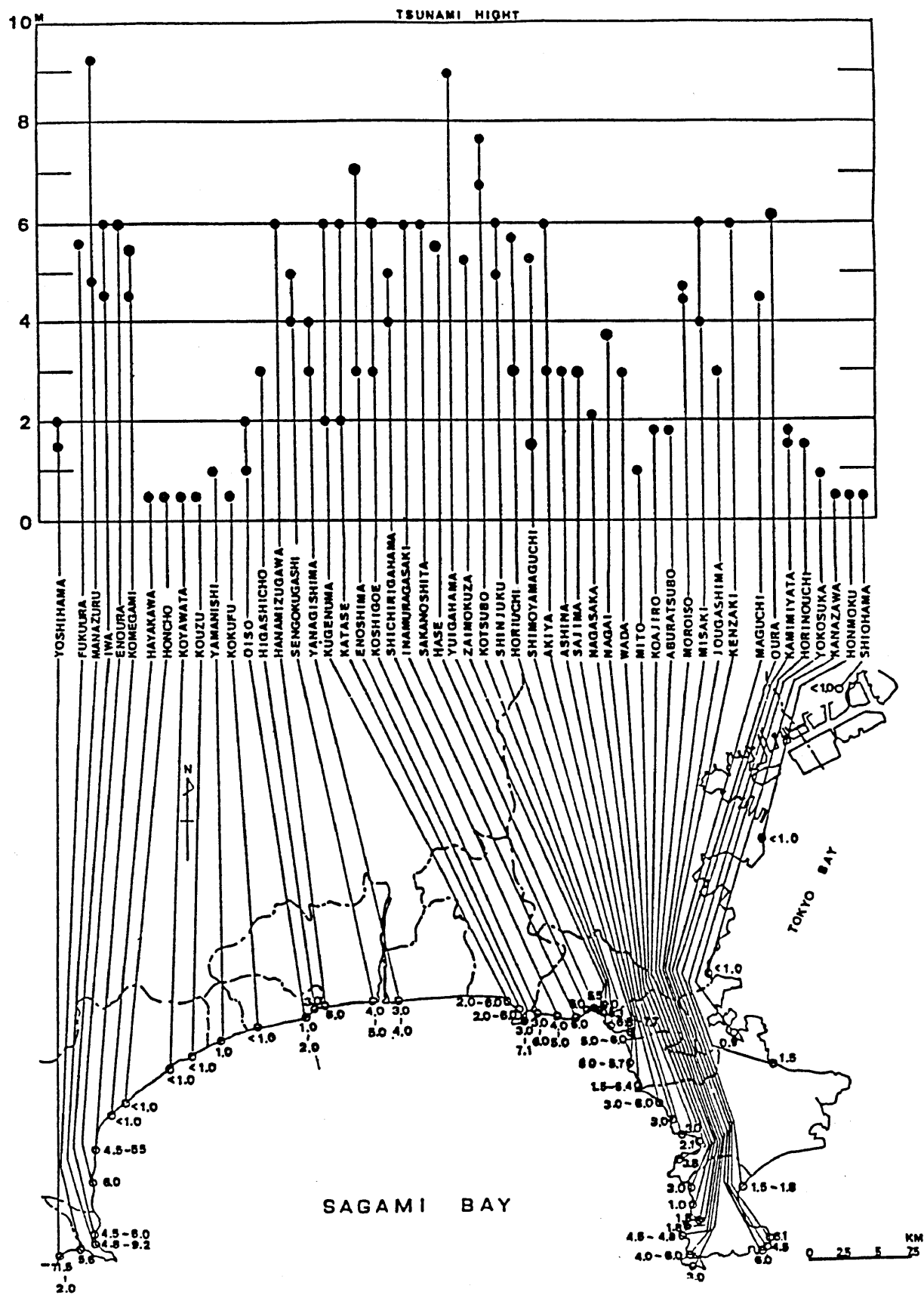


図8.2-4 大正12年（1923）関東震災による神奈川県津波の高さ（神奈川県、1986）

房総半島先端部が1.6m、三浦半島の先端部が1.2m、大磯付近が1.6mほど隆起している。大きな津波が伴っており、渡辺（1985）、神奈川県調査（1986）などによって、津波の高さを表8.2-2、および図8.2-4に示しておく。

昭和28年（1953）11月26日 房総半島沖地震  $M=7.4$ 、 $m=1$ 、 $m_H=1.5$

関東地方南東はるか沖のプレートの三重会合点付近に起きた地震。1933年昭和三陸地震、1995年喜界島地震と同じく正断層タイプの地震であった。地震による震度は、三宅島と館山で5。伊豆諸島で道路損壊、館山で墓石転倒のほかほとんどなし。津波は、銚子で2～3m、八丈島で上下1.5m。大島で全振幅34cmであった。

昭和27年（1952）11月4日のカムチャッカ遠地津波

日本時間16時58分にカムチャッカ半島東方沖海域でM8.2の巨大地震があった。北千島パラムシル島で津波高さ20mに達した。三陸各地集落に加えて、静岡県下田湾、三重県尾鷲湾、宮崎県日向市で家屋浸水があった。

昭和35年（1960）5月24日 チリ地震津波

チリ国南部沖で起きたM8.5（ $M_w9.2$ ）の巨大地震によって生じた津波は、ほぼ24時間後に日本列島に到達した。日本全体としては、142人の死者行方不明者をだした。そのうち、52人は岩手県大船渡市の死者である。岩手県宮古市津軽石で5.8m、宮城県唐桑町大沢で5.1m、尾鷲で4.0mの津波の高さがあった。

神奈川県では総じて顕著な被害は生じていない。

検潮記録は横須賀市田浦、久里浜、油壺、伊東、および大島岡田などで得られている。波形は相模湾内各点でほぼ共通している。伊東について述べると、午前2時頃から振幅3cmほどのわずかな引きを描いたあと、3時ごろ15cmほどの小ピーク。以後3時40分、5時、6時20分、7時30分ころに大きなピークが現れ、周期70分～80分の長い振動であった。各点とも6時20分ころの第3波が最大で全振幅が油壺で180cm、岡田で170cm、伊東で145cmほどであった。

大磯では、24日朝4時半ごろ、潮の異常な引きに気付かれ、その時刻の潮位から2.5mは下がっていたと漁業会社社長によって証言されている。5時には水位は平常水位より1m高くなった。

真鶴では4時30分ころの第1波で満潮面上（この日の伊東の満潮時刻は3時30分）約90cmとなり、岸壁天端に達した。

下田湾では4時30分第1浪来襲、その上下水位差は1.5～2 mであった。稲生沢川に沿った街路の1筋分が浸水した。その高さは標高1.3mであった。川に直接面した場所では1.75mの高さが測定されている。下田の街路の南端を流れる弥次川沿いで浸水した家屋で測定した津波高さは1.2～1.3mであった。

### 8.3 総括

相模湾を襲った歴代の津波を総括したが、相模湾にとって最も大きな津波が襲うのは、相模トラフの海溝線の滑りによって起きる「南関東の巨大地震」の系列の地震であった。ただし、この系列の地震が差し迫って近い将来に起きると考えている地震研究者は少ない。小田原をのせる足柄平野の地震（「相模湾西部地震」とよばれることがある）は、比較的規則く正しく70年から最大79年の時間をおいて発生してきたことが明瞭に認められている。その発生原因に関しては「西相模湾断裂」説などが考察されているが、江戸時代に起きた3度の小田原地震に見る限り、人の死傷、家屋の全壊を伴う被害範囲は小田原を含む足柄平野部と、熱海、伊東を南限とし、山中湖を北限とする狭い範囲に限られており、しかも、天明（1782）、嘉永（1853）の2度の小田原地震の例では、死者数は小田原城下でゼロか1人、足柄平野全体で20人にも達していない。

次の小田原地震を迎えたとしても、天明、嘉永の小田原地震の程度であれば、小田原を含む平野部で、家屋全壊を伴う震度6の場所は現れても、人の死傷は比較的少数にとどまるであろう。ただし、津波は、寛永（1633）、天明（1782）、嘉永（1853）の3度の小田原地震のいずれにも伴ったと見られる。天明、嘉永の小田原地震の津波は、ほとんど被害を伴わないほどの小さなものであったが、寛永小田原地震（1633）の津波では熱海、宇佐美などで4、5 mに達した。また神奈川県（1988）の数値計算によれば、寛永小田原地震に相当するものが再発すれば、地震発生15分ほど後に、江ノ島、鎌倉、逗子の海岸に達し、そこでも3 mほどの高さまで海水が浸水するとの結果が得られている。これらの観光地の海岸には、常時土地不案内な観光客が海岸近くを散歩している。地震による震度は3程度であろうから、磯や砂浜近くを歩いている人には地震の揺れが気付かれない恐れが多分にある。また、曳地川、境川の河口付近に前は海、後ろは川という場所があり、そこに学校があるというところがある。相模湾を襲う津波でもっとも恐れなければならない点は、案外このあたりにあるのではないだろうか。

### 参 考 文 献

- Abe, K., 1981: Physical size of tsunamigenic earthquakes of the Northern Pacific. *Phys. Earth Plan. Inter.*, 27, 194-205.

- 相田 勇, 1990: 嘉永6年(1853)小田原地震に伴う津波の数値実験. 「地震テクトニックスのモデル化及びM7級内陸地震の予知手法に関する研究(成果報告書)」, 地震予知総合研究振興会.
- 赤桐毅一, 1889: 陸域の変動地形に関する研究. 「地震テクトニックスのモデル化及びM7級内陸地震の予知手法に関する研究(成果報告書)」, 第2巻, 地震予知総合研究振興会.
- Ando, M. 1971: A fault-origin model of the Great Kanto Earthquake of 1923 as deduced from geodetic data. Bull. Earthq. Res. Inst., 49, 19-32.
- Ando, M. 1974: Seismo-Tectonics of the 1923 Kanto Earthquake. J. Phys. Earth, 22, 263-277.
- チリ津波合同調査班, 1961: 1960年5月24日チリ地震津波に関する論文および報告(高橋竜太郎編集), pp397.
- 藤井陽一郎, 1980: 関東・東海地方の地殻変動と1944年東南海地震の震源域. 「地震—地震学者と地質学者の対話」, 東海大学出版会, 41-64.
- 藤原智・黒石裕樹・田辺 正・木村 勲・都筑三千夫・多田 堯・青木和夫, 1990: 小田原に於ける重力測定. 日本測地学会第74会講演予稿集, 108-109.
- 萩原尊礼, 1982: 「古地震」. 東京大学出版会, pp312.
- 羽鳥徳太郎, 1975: 元禄・大正関東地震津波の各地の石碑、言い伝え. 東京大学地震研究所彙報, 50, 385-395.
- 羽鳥徳太郎, 1977: 静岡県沿岸に於ける宝永・安政東海地震の津波調査. 東京大学地震研究所彙報, 52, 407-439.
- 羽鳥徳太郎, 1984: 関東・伊豆東部沿岸における宝永・安政東海津波の挙動. 東京大学地震研究所彙報, 59, 501-518.
- 石橋克彦, 1977: 「西相模湾地震」の可能性と東海地震との関連—相模湾・伊豆半島・駿河湾地域のサイスモテクトニックス試論—. 地震予知連絡会東海部会資料, 53-68.
- 石橋克彦, 1980: 伊豆半島をめぐる現在のテクトニックス. 月刊地球, 2, 110-119.
- 石橋克彦, 1985a: 小田原付近の大地震発生の可能性. 月刊地球, 7, 420-426.
- 石橋克彦, 1985b: 歴史地震研究で感じたこと. 歴史地震, 1, 55-58.
- 石橋克彦, 1988: 「神奈川県西部地震」と地震予知I, II. 科学, 58, 537-547, 771-780.
- 貝塚爽平, 垣見俊弘, 鈴木尉元(編), 1974: 「関東地方の地震と地殻変動」. ラテイス.
- 神奈川県, 1984: 神奈川県地震被害想定調査委員会, 津波水害分科会, 昭和58年度報告書, pp238.
- 神奈川県, 1988: 神奈川県地震被害想定調査委員会, 津波水害分科会, 昭和63年度報告書.
- 松田時彦, 1975: 相模トラフで起きる大地震の発生頻度. 地震予知連絡会東海部会資

料, 15-24.

松田時彦, 太田陽子, 安藤雅孝, 米倉伸之, 1974: 元禄関東地震(1703年)の地学的研究. 関東地方の地震と地殻変動(貝塚爽平, 垣見俊弘, 鈴木尉元編), ラテイス, 175-192.

松本繁樹, 1974: 津波災害史からみた伊豆半島の津波常襲海岸と今後の災害. 静岡県地震対策基礎調査報告書－伊豆地域, 環境科学研究会, 9-29.

武者金吉, 1941: 「増訂・大日本地震史料」(第1巻). 文部省震災予防評議会, pp 943.

佐藤良輔(編), 阿部勝征, 岡田義光, 島崎邦彦, 鈴木保典, 1989: 「日本の地震断層パラメーター・ハンドブック」. 鹿島出版会, pp390.

都司嘉宣, 1979: 相模湾周辺を襲った歴史地震津波. 防災科学技術, 国立防災科学技術センター, 37, 16-39.

都司嘉宣, 1985: 小田原を襲った歴史地震について. 月刊地球, 7, 431-439.

都司嘉宣, 1986: 天明小田原地震(1782-VIII-23)の津波について. 地震2, 39, 277-287.

宇佐美龍夫, 1975: 「資料・日本被害地震総覧」. 東京大学出版会, pp327.

宇佐美龍夫・関田康夫・勝間田男・芦谷公稔・鹿島薫・橋口能明・木下幹夫・伊藤純一, 1984: 天明の小田原地震(1782-VIII-23)について. 地震2, 37, 506-510.

宇佐美龍夫, 1977: 嘉永6年2月2日(1853年3月11日)の小田原地震. 東京大学地震研究所彙報, 52, 333-342.

宇佐美龍夫, 1987: 「新編・資料日本被害地震総覧」. 東京大学出版会, pp434.

山本武夫, 1989: 明応7年(1498)の海洋地震－伊豆以東における諸状況. 「続・古地震」, 東京大学出版会, 343-364.



## 第9章 相模湾の海洋環境

### 9.1 自然条件

相模湾は本州のほぼ中央部に位置し、太平洋に面した湾で、湾口幅（下田～大島～州ノ崎）約80km、奥行き（大島～相模川河口）約57kmの開放型の湾である。湾口は大島で二分されているため、大島の西側は大島西水道、東側は東水道と呼ばれている。日本海溝に連なる相模トラフは大島東水道から北西に奥深く入り込み、1,500mの等深線は湾のほぼ中央まで、また1,000mの等深線は湾奥西部の5km沖まで達している。相模トラフの一部は湾の中央付近から海谷となって東へ伸び、東京湾口まで達している（東京湾海谷）。湾西部は急深で大陸棚は狭いが、湾東部では広がっている（図9.1-1）。

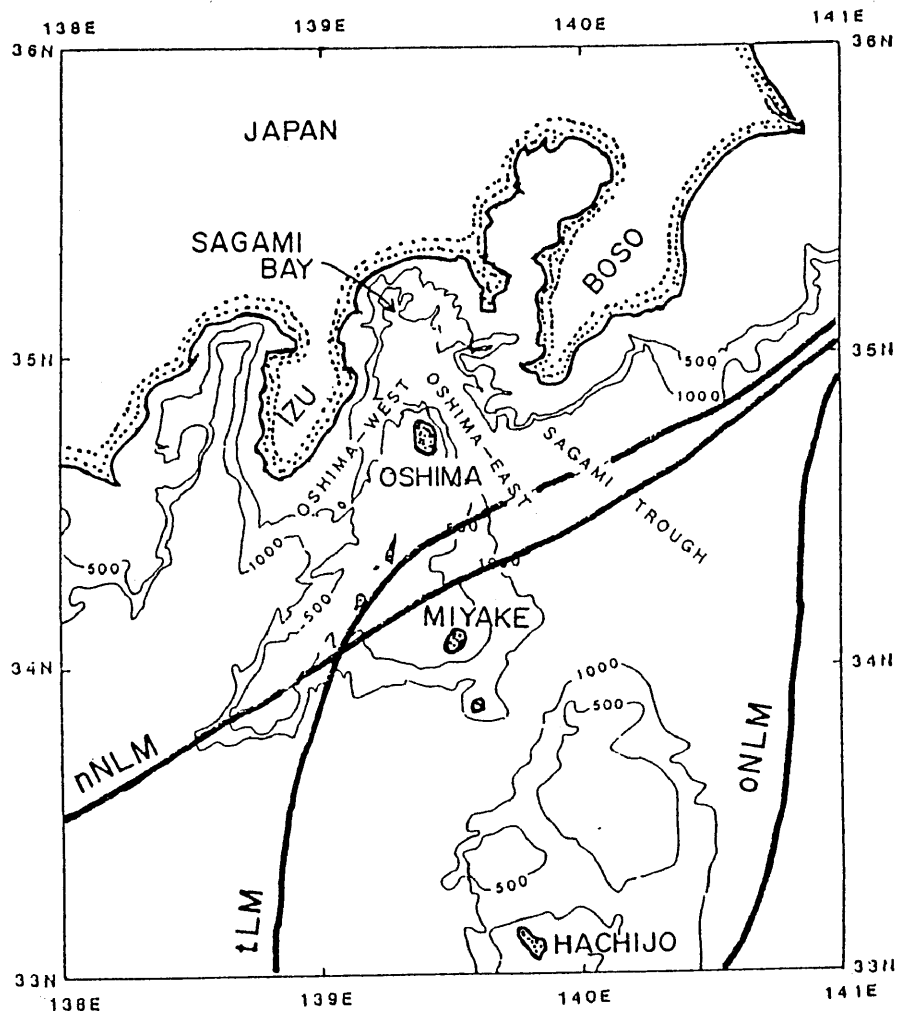


図9.1-1 相模湾および伊豆諸島域の海底地形図  
黒潮の代表的な流路（nNLM：非大蛇行型接岸流路、  
oNLM：非大蛇行型離岸流路、tLM：典型的な大蛇行型流路）

相模湾は開放型の湾であるから、沖合を流れる黒潮の影響を強く受ける。湾の流動に関する模式図は、すでに52年前に宇田（1937）によって次のように示されている（図9.1-2）。

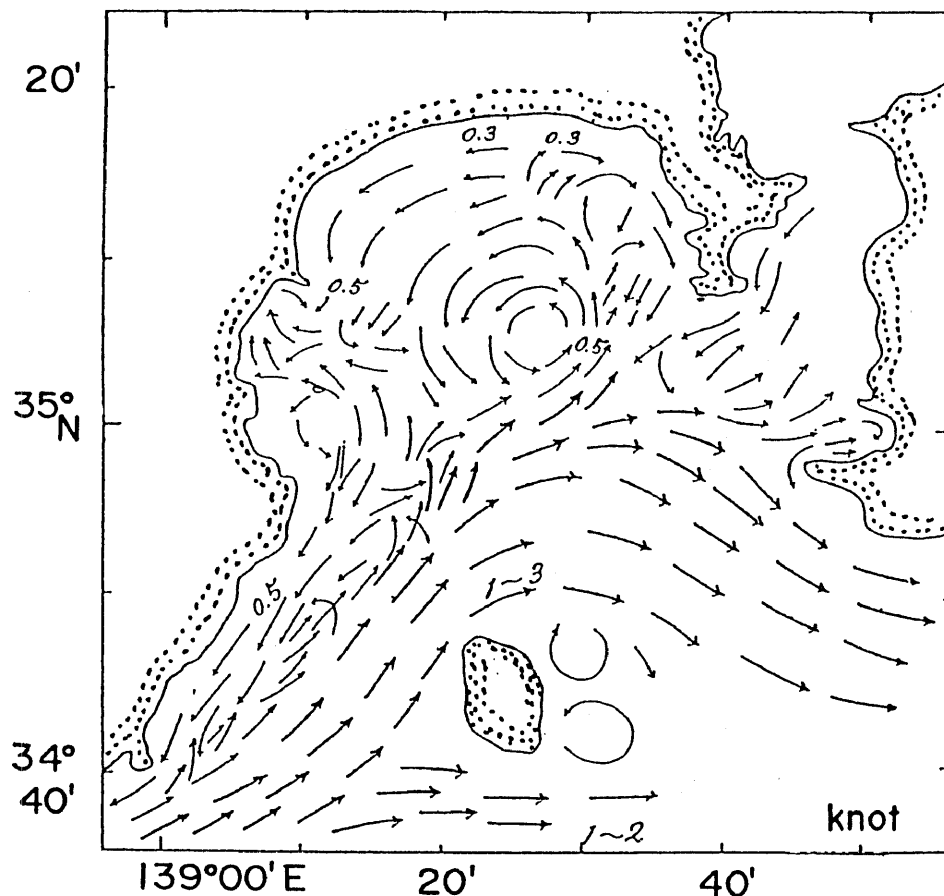


図9.1-2 冬期における相模湾の海流模式図（宇田；1937）

「黒潮から分枝した流れは（以後、黒潮分枝流と呼ぶ）、大島西水道から相模湾に流入し、大島のすぐ北側を通り、島を約半周して大島東水道から再び太平洋へと抜ける。その分枝流の北側を反時計回りの循環流がやや西寄りに存在している。三浦半島の西側の大陸棚上に時計回りの楕円状の小さな循環流がある。」宇田（1937）によって示された海流模式図のうち、Taira（1980）の係留系を用いた大島西水道における長期測流によって確認され、その流量は平均 $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 前後とされている。また、抵抗布などを使用したブイ追跡によっても、西水道から東水道へ抜ける流れが鮮明に示された（Taira, 1980；平野他, 1981）。

一方、相模湾には相模川・酒匂川を中心とした大小20河川から陸系水が流入する。

河川流量は渇水期の12月～3月の $30\sim 60\text{m}^3/\text{sec}$ 、豊水期の6月～10月には $70\sim 100\text{m}^3/\text{sec}$ であり、黒潮分枝流に比べると無視されるような流量であるが、相模湾の表層水の形成に重要な役割を果たしている。また、東京湾内の低塩分水が三浦半島沿岸に沿って南下し、城ヶ島周辺～三浦半島西部沿岸、相模湾中央まで広がることがある。東京湾系水の分布深度はせいぜい20m以浅で、量的には小さいものの相模湾の環境、水産生物にとって無視することはできない。

概ね250m以浅の表層水は、黒潮系水、河川系水、東京湾系水、表層混合層水などによって構成されている。それ以深から概ね1,000m深にかけて水温 $4\sim 6^\circ\text{C}$ 、塩分34.2～34.3を心核とする塩分極小に特徴づけられる亜寒帯系中層水が分布する。それ以深には水温 $3^\circ\text{C}$ 以下、塩分34.4以上、溶存酸素量 $1.5\text{ml/l}$ 以下の低酸素量に特徴づけられる深層水が分布している（宇田，1937；岩田，1979）。

相模湾は水深が深く、各種水塊が分布することもあり、日本でも有数の海洋生物の宝庫である。これまで、魚類約950種、カニ類約350種、貝類約1,100種、エビ類数10種が確認されている（柴田，1979）。このような特徴をを活かし、定置網、刺網、釣り、巻網などの多種多様な漁業が行われ、年間約1.5万トンの漁獲を揚げている。また、年間100万人以上の釣り人が訪れ、4,000トン前後を釣り上げているだけでなく、海水浴、ヨット、サーフィンの場として大いに利用されてきたが、1980年代後半からCODの上昇、クラゲの大量発生、赤潮発生の頻発、ゴミ類の流入増加など漁業やレジャーなどにとってマイナスになる減少が起こり、海洋生物が棲みやすい環境の維持・保全が大きな課題になってきている。

## 9.2 水温・塩分

### (1) T-S曲線の季節変化

1965年4月～1994年3月の29年間に、相模湾央の測点CH（図9.2-1）で毎月1回測定した0～600m深までの水温、塩分の資料から、水深別・月別に水温・塩分の平均値を求めた。図9.2-2に、対流期の2月、躍層形成期の5月、成層期の8月、躍層崩壊期の11月のT-S曲線を示す。

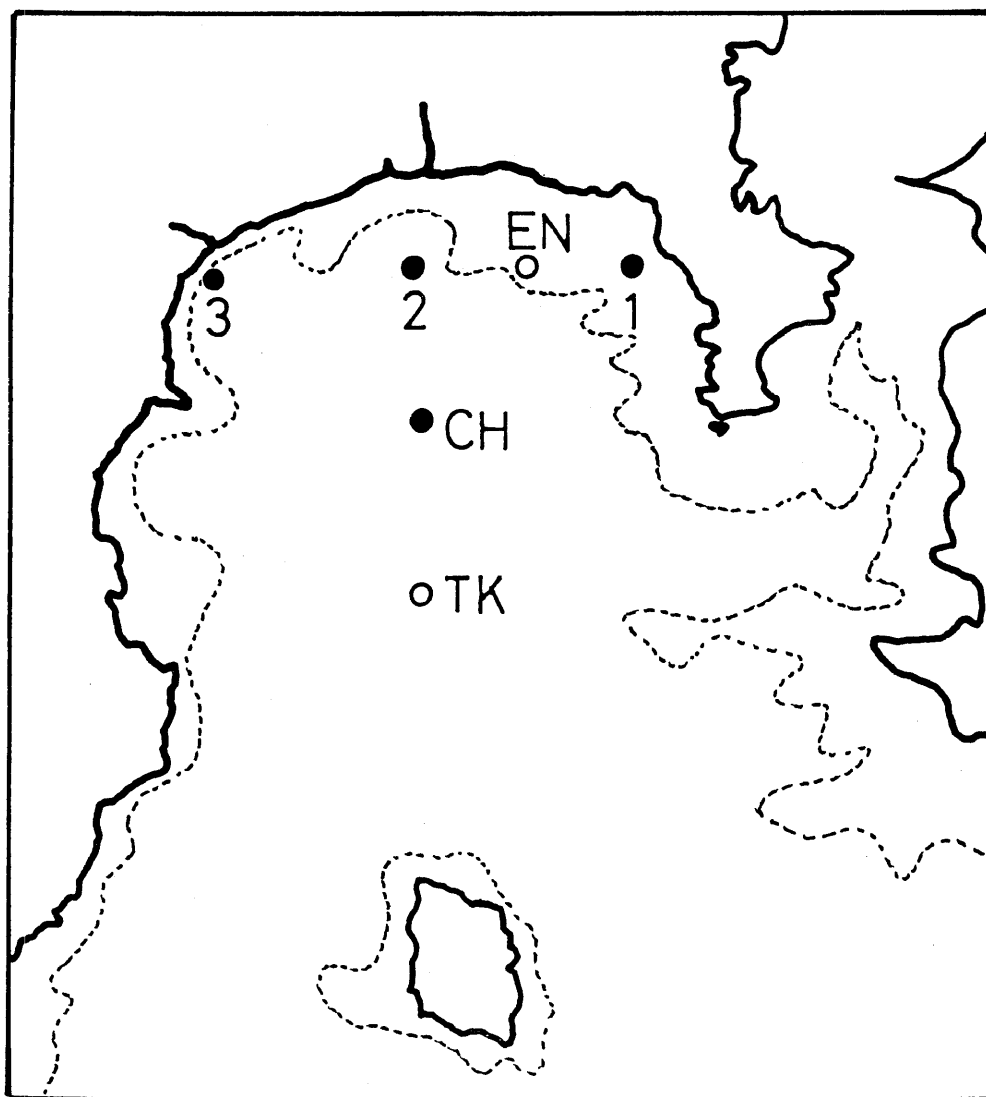


図9.2-1 海洋観測点図  
 (1、2、3；1967年4月～1993年3月の水温、塩分、COD、透明度の測点、  
 EN；1921年4月～1925年3月と1967年4月～1993年3月の透明度の測点、  
 TK；1995年8月31日の水温、塩分、溶存酸素量の測点)

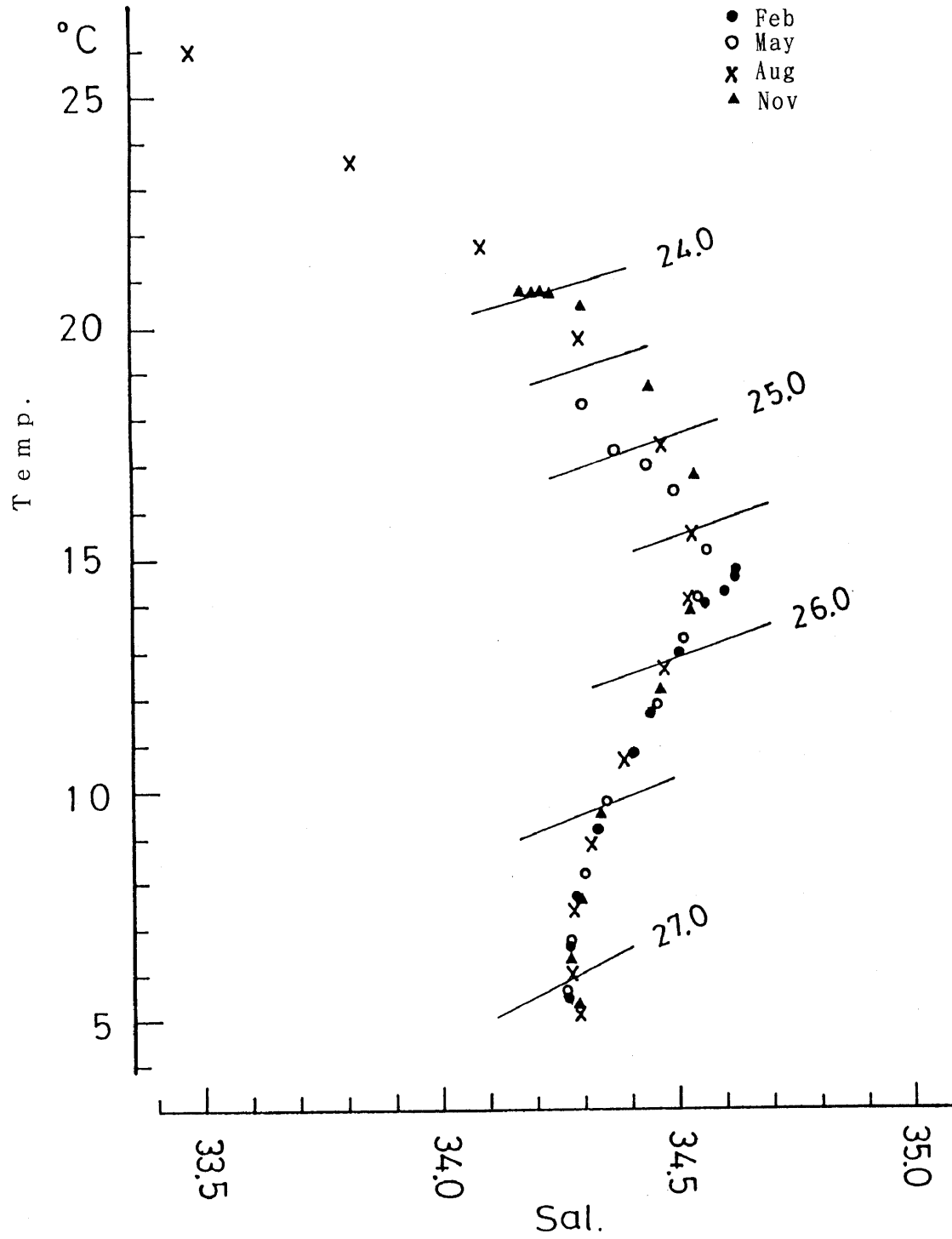


図9.2-2 測点CHにおける2、5、8、11月のT-S曲線  
(図中の24.0、25.0、…の数値は密度( $\sigma_t$ ))

2月：0～100m深に水温13～15℃、塩分34.5～34.7、 $\sigma_t$ 25.7～26.0の特性値をもった一様な水塊が分布する。この水塊は表層の塩分極大に特徴づけられる黒潮系水のコア（心核）である。

5月：30m以浅に水温16℃以上、塩分34.5、 $\sigma_t$ 25.7以下の表層混合層水が分布する。50～100m深に水温13～16℃、塩分34.5～34.6、 $\sigma_t$ 25.6～26.0の黒潮系水のコアが分布する。

8月：5月よりも50m以浅の高温・低塩分化が進んでいる。75～100m深に水温14～16℃、塩分34.5～34.6、25.5～25.8の黒潮系水のコアが分布する。

11月：躍層崩壊にともない50m以浅に水温20℃台、塩分34.1～34.3、 $\sigma_t$ 24.0前後の一様な表層混合層水が分布する。100～150m深では、水温13～17℃台、塩分34.5台、 $\sigma_t$ 25.2～25.8の黒潮系水のコアが分布し、8月に比べて黒潮系水のコアの分布深度はやや深く、水温は高い。このように、黒潮系水のコアよりも以浅に顕著な季節変化がみられる。

200m以深になると、季節変化は小さく、水温13℃、塩分34.2～34.5、 $\sigma_t$ 26.0～27.1の低塩分水が分布する。低塩分水のコアは、水温5～8℃、塩分34.2～34.3、 $\sigma_t$ 26.7～27.1の特性値をもち、400～600m深にみられる。この中層の塩分極小水は、亜寒帯系中層水の特性値と概ね一致する。

T-S曲線に示されたコアの特性から、黒潮系水と亜寒帯系中層水を区分すると、黒潮系水は水温11～19℃、塩分34.4～34.7、 $\sigma_t$ 25.3～26.0の特性をもち、概ね250m以浅に分布する。亜寒帯系中層水は水温11℃以下、塩分34.2～34.4、 $\sigma_t$ 26.0以上の特性をもち、250m以深に分布する。

95年8月31日に青鷹丸（東京水産大学：松山優治教授提供）が相模湾中央の測点TK（図9.2-1：35° 02.77' N, 139° 30.02' E）で得られた1,450m深までの水温、塩分、溶存酸素量、 $\sigma_t$ の鉛直変化をみると（図9.2-3）、約700m以深から塩分は高くなり、34.3以上になり、水温は約4℃以下になる。1,000m深になると、水温約3℃、塩分34.4、 $\sigma_t$ 約27.4となり、溶存酸素量は1.2ml/l台まで低下する。溶存酸素量の極小層が1,100～1,300m深にみられ、溶存酸素量は1.2ml/l以下まで低下する。このときの水温は約2.5～2.9℃、塩分34.44～34.49、 $\sigma_t$ 27.45～27.53である。1,450m深になると、水温2.16℃、塩分34.53、溶存酸素量1.35ml/lになり、1,100～1,300mよりも塩分、溶存酸素量は高くなっている。

黒潮系水、亜寒帯系水と同様の方法で、深層水と亜寒帯系中層水とを区分すると、亜寒帯系水は水温3～11℃、塩分34.2～34.4、26.3～27.4の特性をもち、概ね250～1,

000mに分布する。それ以深には、水温3℃以下、塩分34.4~34.6、 $\sigma_t$ 27.4以上、溶存酸素量極小に特徴づけられる深層水が分布する。この水塊は、太平洋深層水の特徴値と概ね一致する。

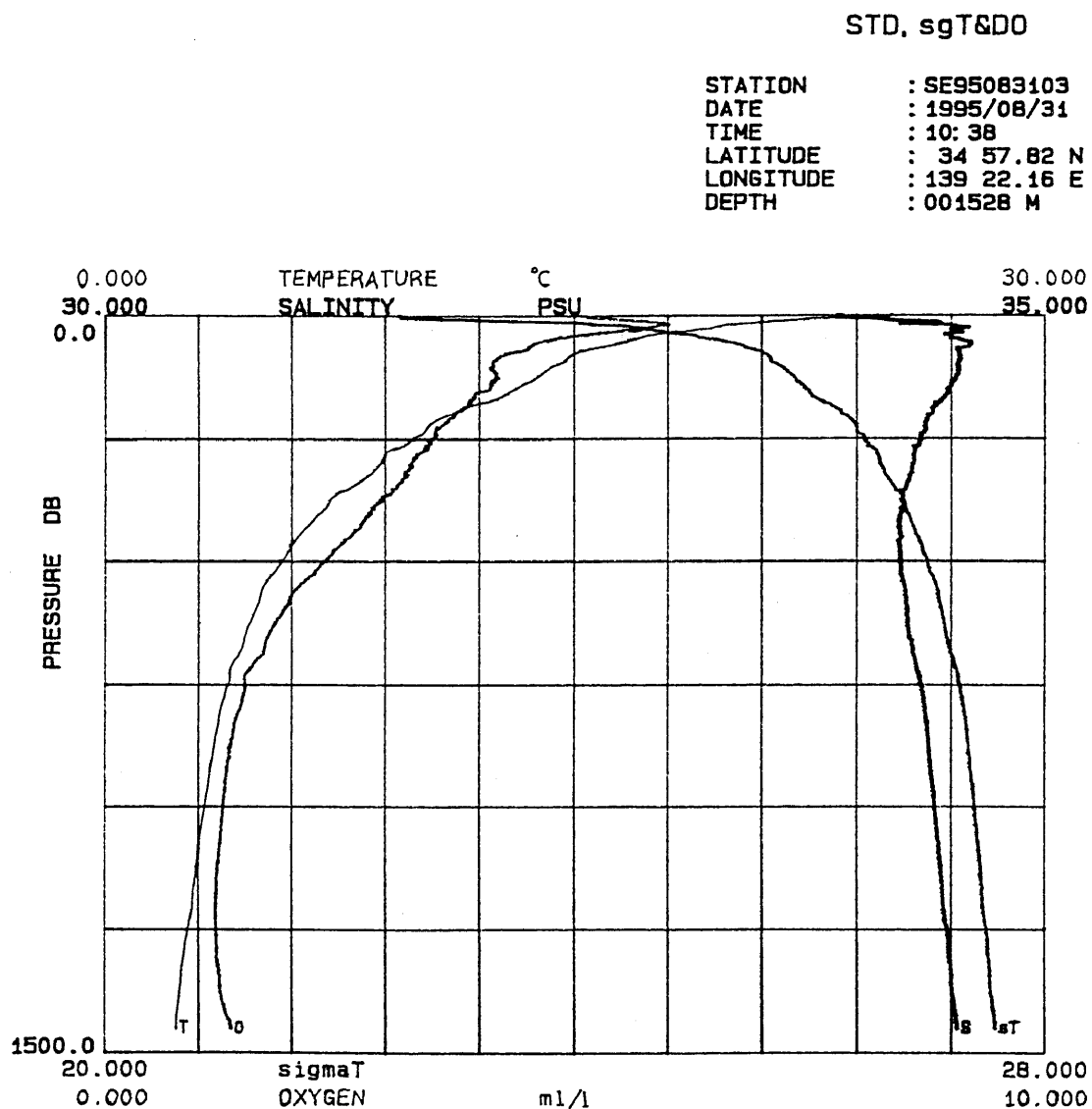


図9.2-3 測点TKにおける水温、塩分、DO、 $\sigma_t$ の鉛直変化  
(1995年8月31日に東京水産大学青鷹丸により観測)

## (2) 海洋構造の季節変化

湾央における0～600mの水溫・塩分・ $\sigma_t$ の平均値の経月変化の断面を、図9.2-4(a)～(b)に示す。

2～3月には、概ね75m以浅に、水溫14℃台、塩分34.6台の低温・高塩分水が分布する。4月から表面の加熱に伴い表層水溫は上昇し、陸系水や降水の増加に伴い表層塩分は低下する。5～8月には概ね50m以浅において、水溫は急上昇し、塩分は低下する。8～9月の0m水溫は、年間最高の25℃台まで上昇する。表面塩分は7～9月に年間最低の33.3～33.4まで低下する。この時期の $\sigma_t$ は年間の最低を示し、表層における成層構造が最も強くなる。

10月には表面の冷却に伴う混合が進み、表層から成層構造が崩壊しはじめるが、30～50mの水溫は年間の最高、塩分は最低となる。11月になると、概ね50m以浅の水溫・塩分は、ほぼ一様な値を示し、成層構造の崩壊がさらに進む。この時期の75～100mの水溫は年間の最高を示す。12月には、75m以浅の水溫・塩分・ $\sigma_t$ の鉛直変化は小さく、成層構造は崩壊したことを示す。

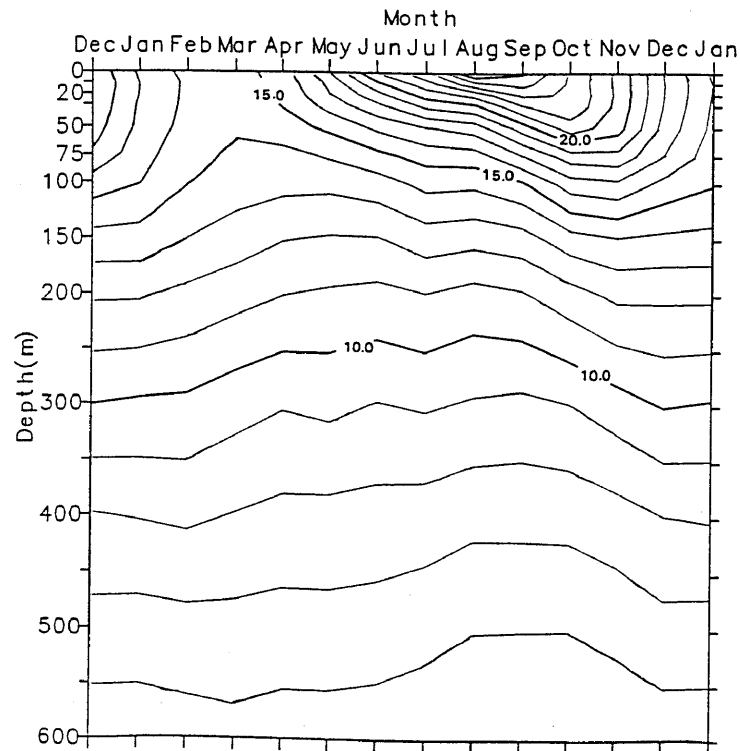
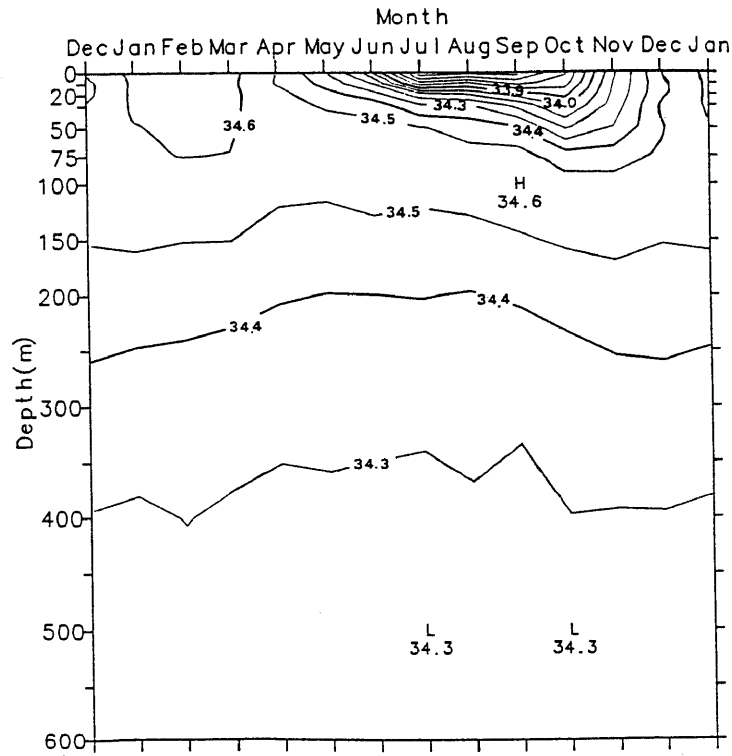
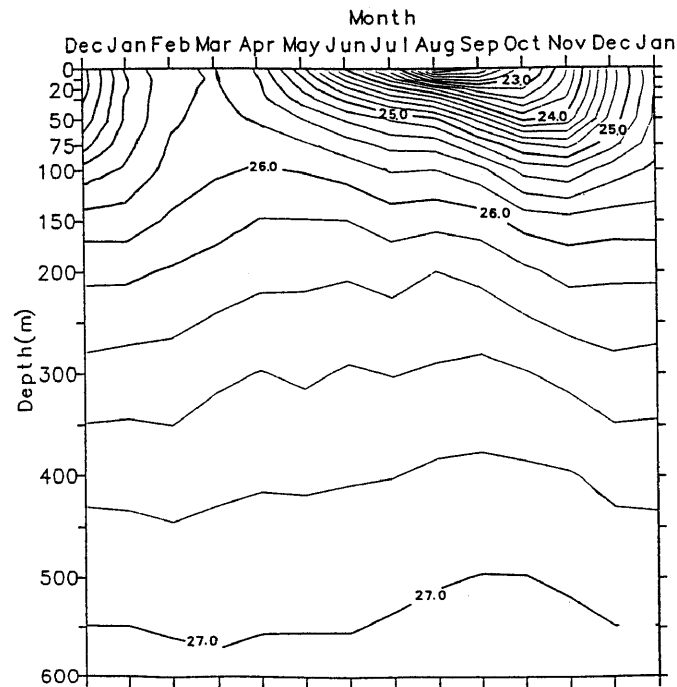


図9.2-4(a) 水溫(℃)の0～600mの断面図





塩分



$\sigma_t$

図9.2-4(b) 塩分 (Psu) 、 $\sigma_t$ の0～600mの断面図

150m以深になると、水温、塩分の季節変化は小さくなり、特に300m以深の亜寒帯系中層水の水温、塩分は周年通して略一定な値を示す。

水深別の水温の年較差をみると、0mでは約12℃、10mでは約10℃、20mでは約9℃、30mでは約8℃、50mでは約7℃、75mでは約5℃、100mでは4℃、150m以深では2℃以下である。

一方、塩分の年較差は、表層では河川水の影響域と黒潮系水の影響域では大きな差がある。湾央の0mでは約1.2、10mでは約1.0、20mでは約0.8、30mでは約0.7、50mでは約0.4、75mでは約0.2、100m以深の年較差は小さく、0.05以下である。

水温・塩分の標準偏差の経月変化を図9.2-5に示す。

1～3月の水温の標準偏差は、0～600m深まで1.0℃以下である。4～6月には、50m以浅に1.0～1.5℃の値がみられ、7月にはさらに大きくなり、1.5～2.0℃になる。8～9月になると、0mの値はやや小さくなるものの、20～30m深を中心に2.0～2.5℃の極大値がみられる。10月には30m以浅の値は1℃以下になるが、50～100m深に1.5～2.0℃の値がみられる。11～12月になると、50～100m深の値も小さくなり、1.0～1.5℃になる。

標準偏差は、変化の大きさの度合いを表す。対流期の1～3月には0～600m深まで他の月に比べて変動は小さい。水温躍層が形成されはじめる4月から50m以浅の水温変化は大きくなり、水温躍層が最も強くなる8～9月には、躍層付近の変化は最も大きくなる。躍層が崩壊する10月には、100m付近まで変化はやや大きくなるが、11月になると小さくなる。

一方、塩分の標準偏差をみると、水温と同様に1～3月は小さく、0～600m深まで0.1以下である。4月から30m以浅の値は大きくなり、7月には最も大きくなる。8～10月における等値線の走向からみると、30m以浅では経月変化は小さく、ほぼ一定な値を示す。11月になると、0～50m深の値は小さくなる。0.1の等値線に注目すると、7月には50m深まで、10～11月にはさらに深くなり、100m深まで達している。

標準偏差の分布は、水温とは異なり、0mが最も大きく、深くなるにしたがって小さくなる。成層構造の崩壊期の10～11月には、水温と同様に100m深までやや大きくなる。

水温・塩分・ $\sigma_t$ の鉛直構造の経月変化、各層における水温・塩分の年較差および水温・塩分の標準偏差の経月変化からみて、相模湾の海洋構造の顕著な季節変化は概ね100m以浅であると云える。

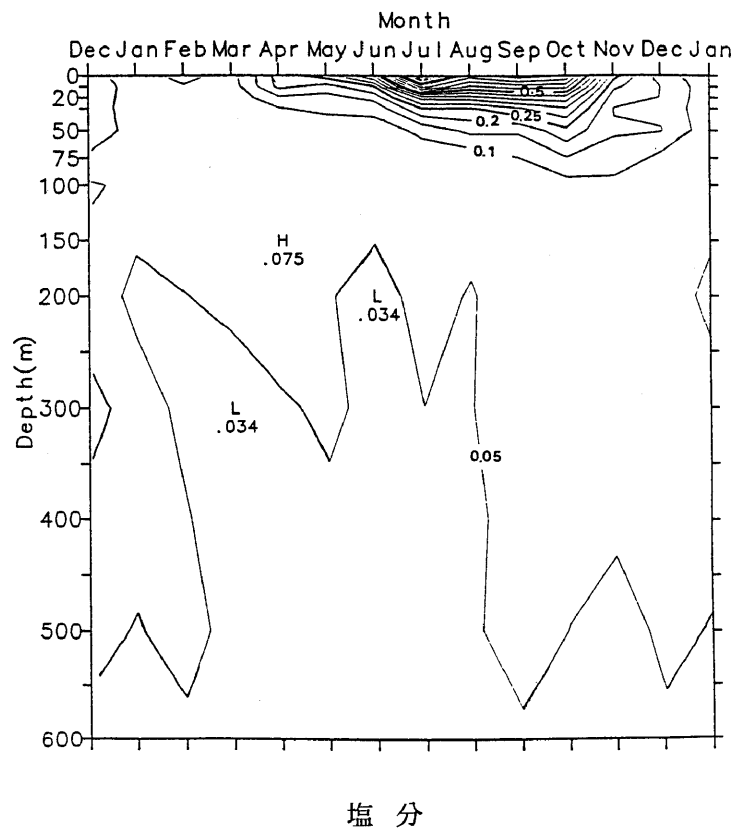
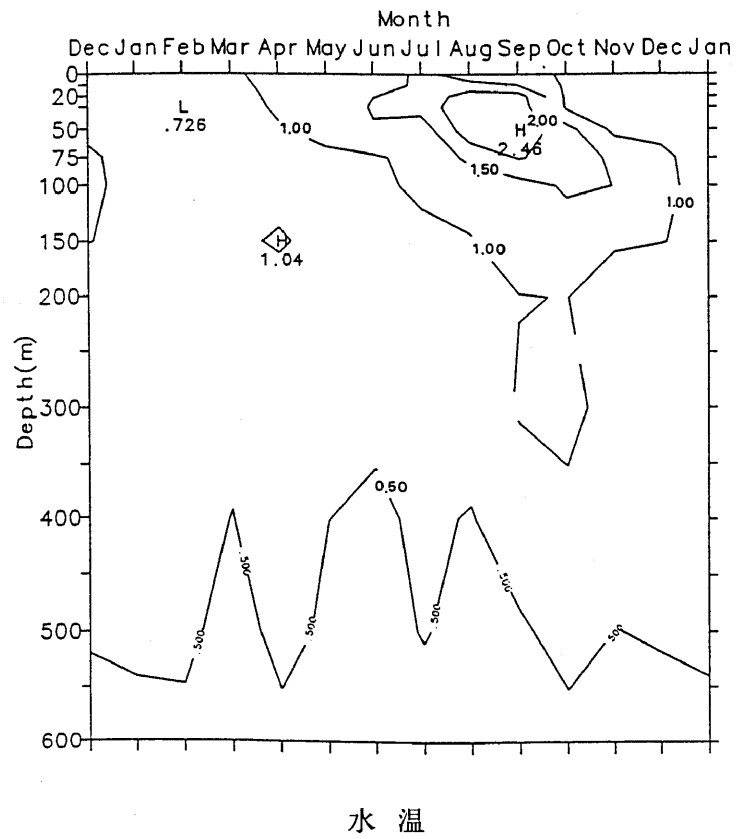


図9.2-5 水温、塩分の標準偏差0～600mの断面図

### 9.3 海潮流

開放型の湾である相模湾の流れは、潮流、風、河川水の流入、東京湾系水及び沖合いの黒潮変動などの外的要因に強く影響され、海底地形が複雑なこともあって流況を複雑にしている。相模湾の流況に深く関わっている潮流と黒潮変動にともなう湾内の流況について報告する。

#### (1) 潮流

1979年11月～12月に相模湾沿岸の陸棚上の表層（5 m 深）、中層（30 m 深）、下層（95 m 深）で流れの連続観測を行った（財団法人日本水路協会；1980）。潮流は $M_2$ 、 $S_2$ 、 $K_1$ 分潮の振幅が大きく（主要3分潮）、 $M_2$ が最も卓越している。表面潮汐は、波長の長い重力波であることから、その流速特性は深さによらないはずである。しかし、3分潮とも上層と中層における潮流が海岸線と平行に往復しているのに対し、底層ではその方向が直角であったり、数10度ずれている測点もある。流速の経時変化も測点間で顕著な差が認められる。このことは、潮流周期の波動にも、水温躍層を伝わる内部潮汐が、測流値に対して表面潮汐と同程度の影響を与えていることを示している。また、沖合いの海況変動にともない、暖水が相模湾の表層に急激に流入することがあり、その変動が潮流現象に影響する可能性がある。

このように、開放型でしかも海底地形が複雑な相模湾は、比較的原因の明確な潮流現象についても内部潮汐や他の変動現象に影響を受けることがある。

#### (2) 平均流

黒潮は相模湾沖合いの伊豆一小笠原海嶺上を西から東に向かって流れ、海嶺上で接近したり、離岸したりする（宇田，1964；庄司，1972；Taft，1972；川辺，1985）。伊豆一小笠原海嶺上での黒潮変動と大島西水道から東水道へ抜ける黒潮分枝流との関係、宇田（1937）によって示された湾内の反時計回りの循環流が卓越するか、循環流と黒潮分枝流との関係などを調べるために、図9.3-1の測点でローター型流速計により長期観測を行った。測点A，B，Cの海面下30mで、1982年10～12月、1983年2～3月、7～9月、1983年10月～1984年1月に連続測流を行った。測点JとOKの海面下30mと60mで1982年10月から14ヶ月間の連続測流を行った（図9.3-2）。

各測点で得られた海面下30mの平均流を図9.3-3に示す。4回ともにそれぞれの測点の流向は、ほぼ一定方向を示し、相模湾内では安定した反時計回りの循環流が形成されている。一方、測点OKではいずれも黒潮分枝流と考えられる東南東流がみられる。反時計回りの循環流は、黒潮分枝流が強い第2回と第3回のときに強く、黒潮分枝流が弱い第1回と4回のときに弱くなっている。

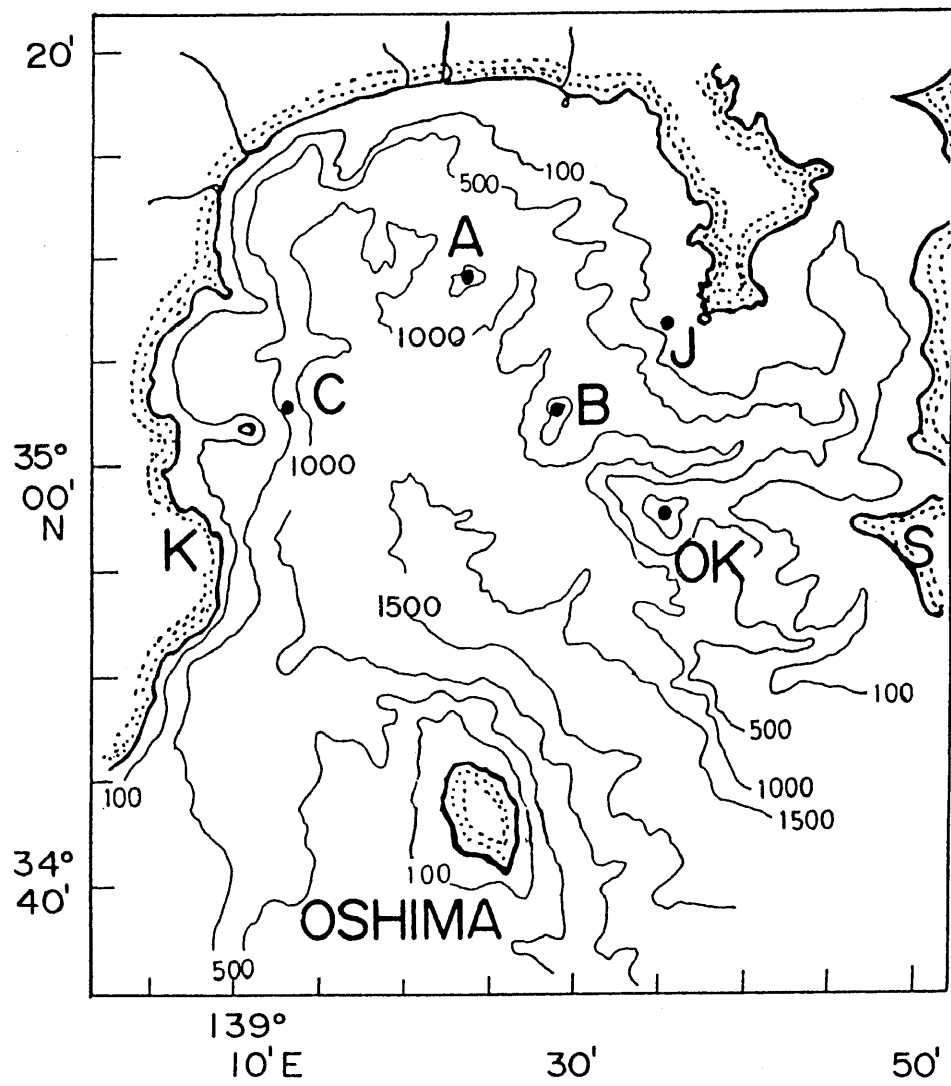


図9.3-1 流速計の設置点

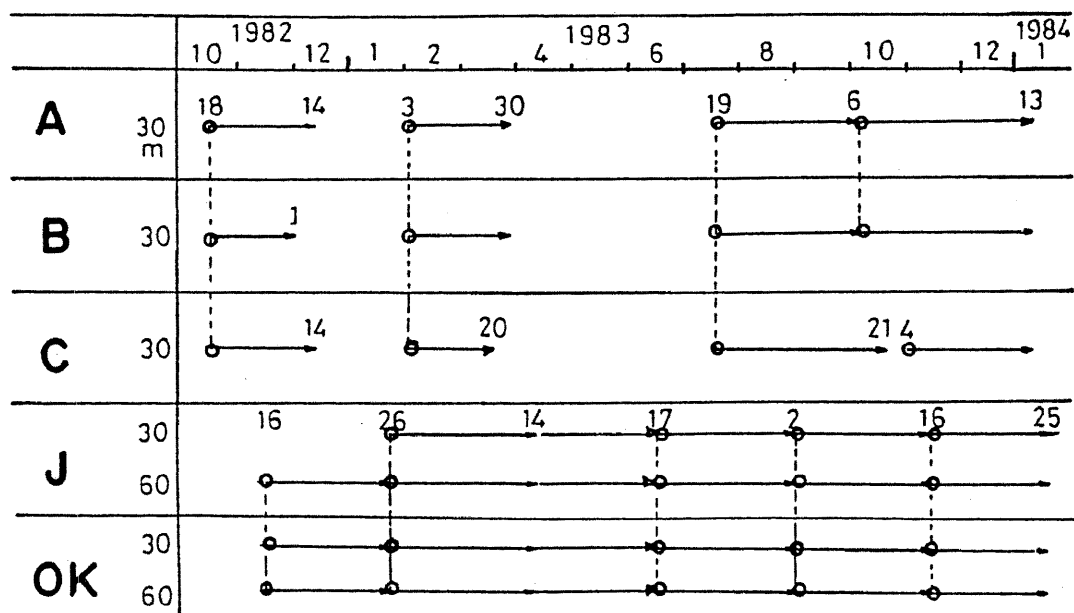


図9.3-2 各測点における観測期間

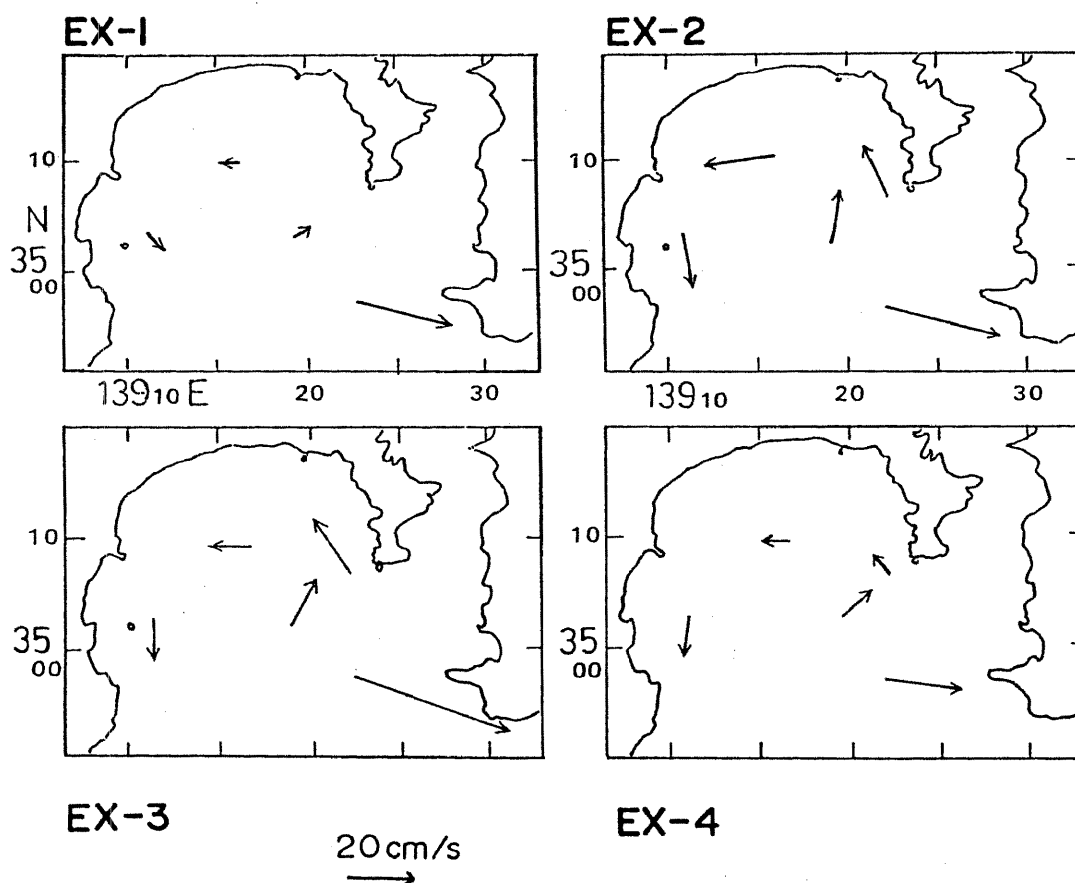


図9.3-3 各観測期間における30m深の平均流  
 (EX 1 : 1982年10～12月、EX 2 : 1983年2～3月、  
 EX 3 : 1983年7～9月、EX 4 : 1983年10月～1984年1月)

### (3) 相模湾内の流れと黒潮分枝流との関係

1983年1月～8月に測点Jと測点OKの二層で得られた記録に、25時間の移動平均を施して日周期および半日周期の潮汐流とそれより短周期の変動を除去した流れのスティック・ダイアグラムを図9.3-4に示す。図の上向きのベクトルは、測点Jでは北、測点OKでは東を表している。

3月15日～4月25日と8月23日～26日を除くと、海面下30mと60mともに測点Jは北西流～北北西流、測点OKは東南東流である。両測点の流れの変動に注目すると、両測点は90度ずれているにも関わらず、流速変動はよく似ている。測点OKで東南東流が強くなると、測点Jで北西流～北北西流が強くなり、測点OKで流れが弱くなると、測点Jでも弱くなる。比較的周期の長い変動から数日周期の変動まで類似していることから、両測点の流れが密接な関係にある。測点OKの流れが黒潮分枝流を捉えているとすると、黒潮分枝流の変動が三浦半島西沖の測点Jの流れの変動を引き起こしていると言える。

一方、同一地点で得られた上層と下層の流れを比べると、下層の流れは上層の流れよりも僅かに弱いことを除けば、よく似ている。流速計間の距離が測点Jで30m、測点OKで20mしかないことが上層と下層の記録にあまり差がないことに結びついている。また、約7ヶ月の間には、成層構造の変化があったにも関わらず、その影響は認められない。

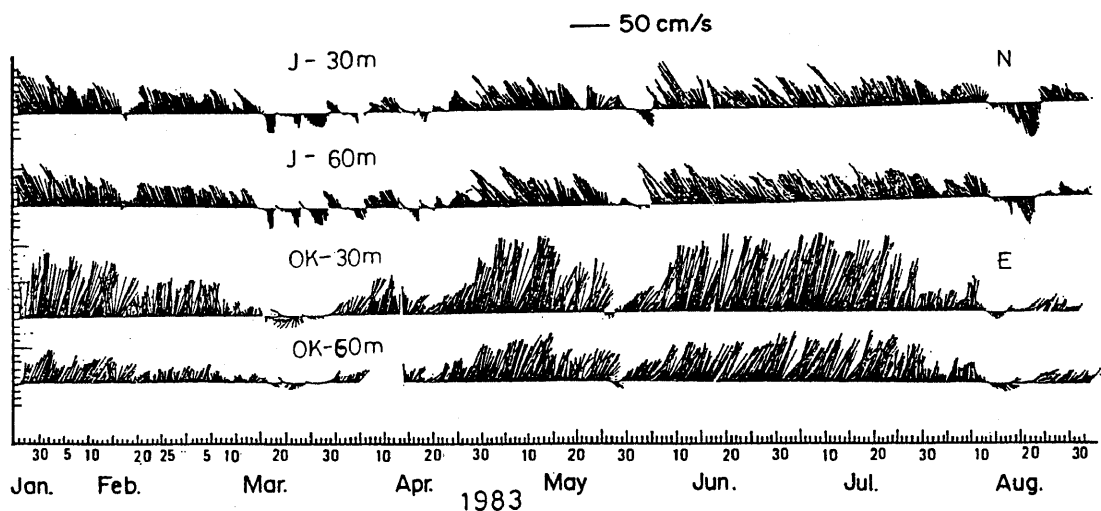


図9.3-4 測点J、OKの30m深と60m深における25時間の移動平均を施した流れのスティックダイアグラム（1983年1月～8月）

図9.3-5に図9.3-4と同様の処理をした1月26日～4月15日の5測点で得られた海面下30mの流れのスティックダイアグラムを示す。各測点の流速はかなり変動するが、測点A, B, Cとも、測点J, OKと同様に一定方向の流れが卓越する。卓越流向を図の上からみると、測点Cでは南向き、測点Aでは西向き、測点Bでは北～北東向きである。これらの流向を図にプロットすると、反時計回りの循環流が存在していたことが判る。

3月18日には、全測点でほぼ同時に流向が反転し、湾内では反時計回りから時計回りに変わっている。この時の黒潮分枝流を代表する測点OKの流れをみると、湾内で時計回りの流れが弱くなるときは、測点OKの東向きの流れは弱いか、もしくは逆向きの流れになっている。

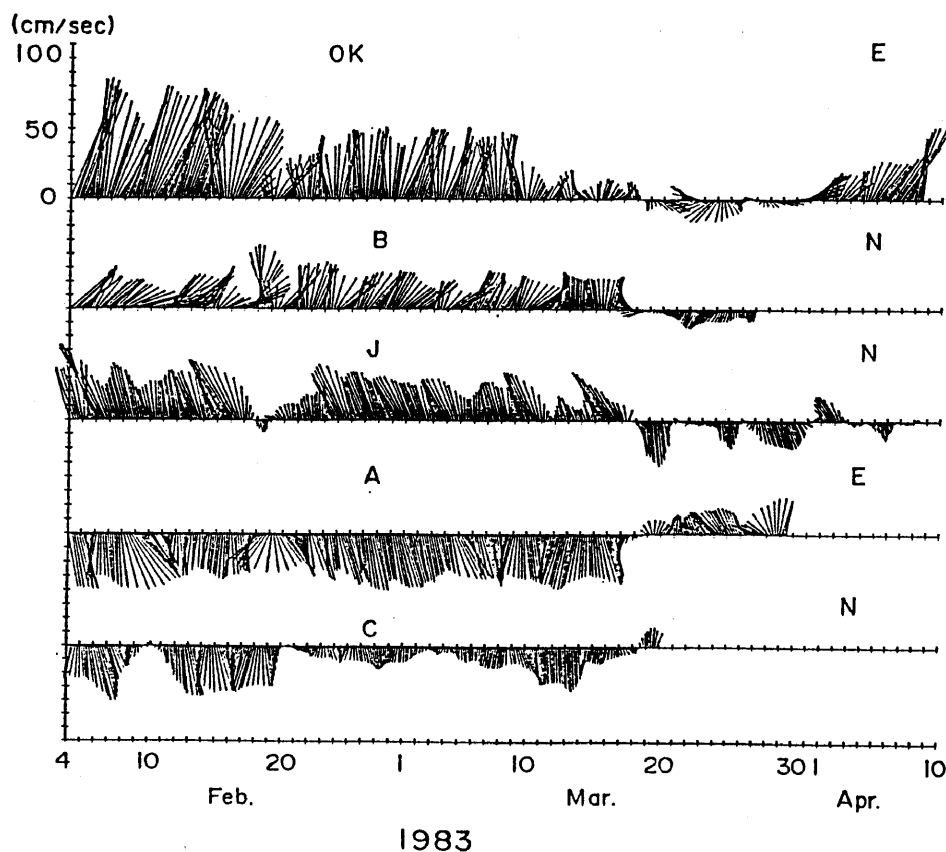


図9.3-5 各測点の30m深における25時間の移動平均を施した流れのスティックダイアグラム（期間：1983年2月4日～4月8日）



測点間の流れの変動の関係を調べるために、測点間の卓越流向成分の相関係数が極大のときの時間差と測点間の距離を、図9.3-6に示す。相関係数の極大値が0.5以下の第4回の1983年10月～1984年1月を除いてある。流れの変動は3回とも、0.8～1.0 m/secの速度で反時計回りに伝播している。流れの変動は、測点OKで最初に現れ、反時計回りに湾内へ伝播している。この結果は、1977年～1978年に相模湾の陸棚上で観測された流れの変動の伝播（松山他；1977）および、暖水フロントすなわち相模湾沿岸で起こる急潮現象の伝播と概ね一致する（松山、岩田；1977、山形；1980）。

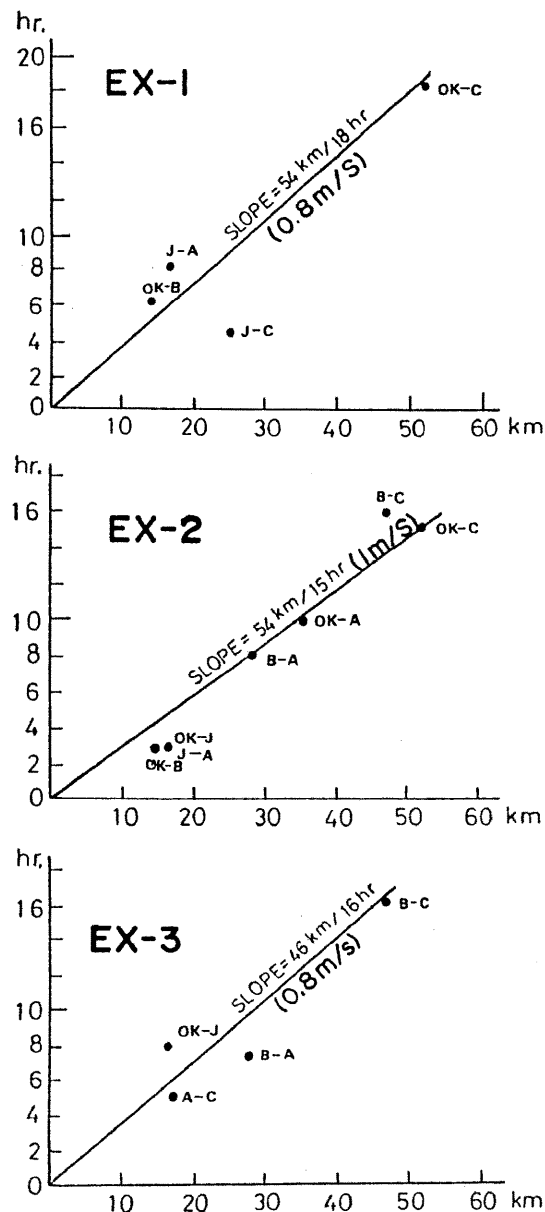


図9.3-6 測点間の卓越流成分の相関係数の極大のときの時間差と距離の相関図（EX1～EX3）

## (4) 黒潮の離接岸と黒潮分枝流との関係

大島西水道から相模湾に流入する黒潮分枝流を黒潮の一部であると考えることができれば（Taira; 1980）、相模湾沖の伊豆一小笠原海嶺上における黒潮の接岸と離岸が、相模湾内の黒潮分枝流の強弱として現れる。つまり、黒潮が接近すれば、黒潮分枝流は強くなり、離岸すれば、分枝流は弱くなるか、あるいは存在しなくなる。

伊豆一小笠原海嶺上での黒潮の南北移動は、三宅島と八丈島の潮位変化に鮮明に現れることから（Kawabe; 1985）、黒潮の離接岸を両島の日平均潮位に気圧補正を施した値から推測する。地衡流バランスし、東向きに流れる黒潮を考えると、両島の潮位が高くなれば黒潮が接近したことを、低くなれば離岸したことを示すことになる。

図9.3-7に、三宅島と八丈島の日平均潮位と測点OKの流れのスティックダイアグラムを示す。八丈島と三宅島の潮位変化はよく似ているが、八丈島の潮位は三宅島よりも数日前に変化する。測点OKの流れの変化と三宅島・八丈島の潮位変化は対応している。

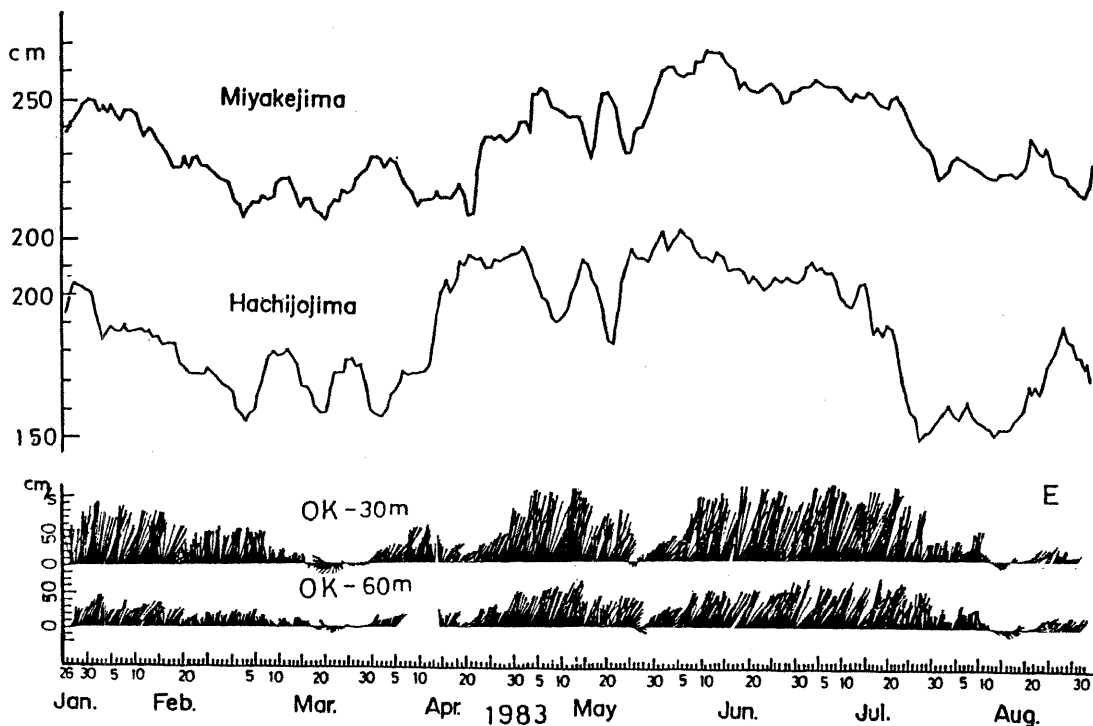


図9.3-7 三宅島、八丈島の日平均潮位の経日変化（上段）と測点OKにおける1983年1月26日～8月31日の30m深と60m深の流れのスティックダイアグラム

三宅島・八丈島の潮位が高いときすなわち黒潮が相模湾に接近したときには、測点OKの黒潮分枝流は50cm/sec以上の強流になる。両島の潮位が低いときすなわち黒潮が離岸したときには、分枝流は弱くなるかまたは逆向き（西向流）なる。測点OKの東向流と両島の潮位との相関関係を求めると、相関係数の極大値は0.75、タイムラグは4日である。測点OKの東向流と八丈島の潮位の相関係数の極大値は0.72、タイムラグは9日である。このことは、測点OKで観測された流れの変動が黒潮の南北移動に起因し、黒潮が接岸した数日後に、測点OKの黒潮分枝流は強くなり、離岸すると、分枝流は消滅するか西向流になる。

米野と川辺は（1987）、1964年～1980年に相模湾で毎月測定された100m深の水温、塩分から黒潮の離接岸と相模湾の海況との関係について調べた。その結果、黒潮が典型的な大蛇行型（前節の図9.1-1のtLM）のときには、水温は高くなり、非大蛇行型接岸流路（nNLM）に比べて離岸流路（oNLM）のときには、低くなるとしている。また、水温、塩分の分布から、典型的な大蛇行型（tLM）のときには、湾内に反時計回りの循環流はみられるが、非大蛇行接岸型（nNLM）のときには、湾内の反時計回りの循環流は弱いか、または逆向きになるとしている。このように、相模湾の表層の流れは黒潮の離接岸に強く影響されている。

## 9.4 海洋汚染

第2節図9.2-1の測点1, 2, 3, ENで、1921年～1925年と1967年～1993年に毎月測定された透明度の資料と、1971年～1993年に毎月測定された表面のCODの資料を使用し、海洋汚染について検討する。

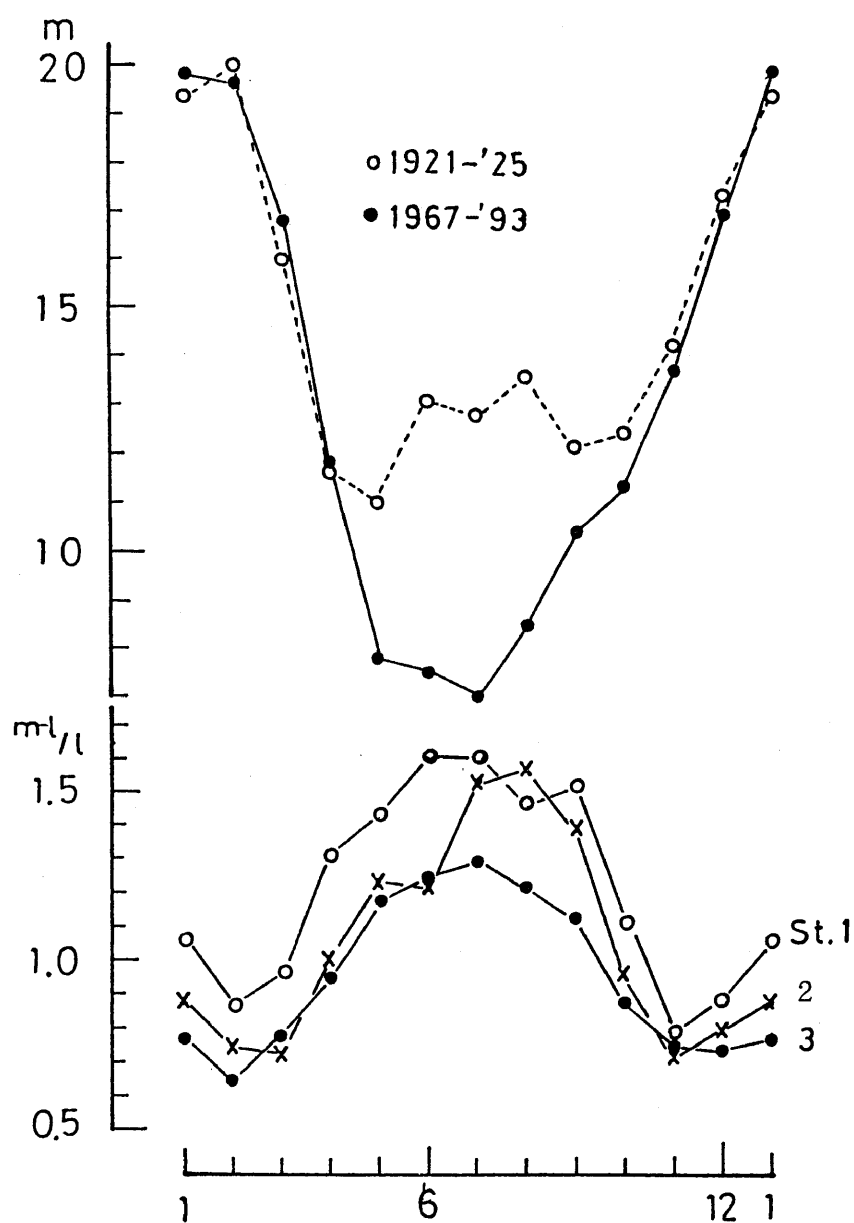


図9.4-1 測点ENにおける1921年～1925年と1967年～1993年の透明度の経月変化（上段）と、測点1, 2, 3における1967年～1993年のCODの経月変化（下段）

図9.4-1の上段に測点ENにおける1921年～1925年と1967年～1993年の透明度の経月変化と、下段に1967年～1993年の測点1、2、3におけるCODの経月変化を示す。測点ENにおける透明度は、成層構造が崩壊する11月～3月に高く、成層構造が形成される5月～9月にかけて低くなっている。5月～9月の透明度の低下は、主としてプランクトンの増殖による。

1921年～1925年と1967年～1993年を比較すると、観測年数に大きな差があるものの、10月～4月における両期間の差は小さく、1 m以下である。これに対してプランクトン増殖期の5月～9月になると、透明度は1921年～1925年に比べて1967年～1993年が低く、5月～8月には5 m以上の差となっている。

プランクトンの増殖と栄養塩類は、栄養塩類が豊富なときにはプランクトンの発生量は多くなり、栄養塩類が少ないときには発生量は少ないという関係にある。プランクトンの発生量が多いときには、透明度は低下する。プランクトン増殖期における1921年～1925年と1967年～1993年の透明度の顕著な差から、1967年～1993年は、1921年～1925年に比べて相模湾沿岸が富栄養化し、プランクトンの発生量が多いことを示唆している。

有機物の汚濁指標であるCODの経月変化をみると（図9.4-1の下段）、透明度とは逆に相模湾内では成層構造が形成される5月～9月に高く、成層構造の崩壊期から対流期の11月～3月に低い。このことは、成層構造の崩壊期から対流期よりもプランクトン増殖期の方が有機物により汚濁されていることを示す。

1967年～1993年の測点ENにおける透明度の経年変化と、1971年～1993年のCODの経年変化を12ヶ月の平均値とプランクトン増殖期の4～9月の6ヶ月の平均値に分け、図9.4-2に示す。

CODの12ヶ月と6ヶ月の経年変化は、よく似ている。前者は後者よりも高い。1978年から高くなりはじめ、1987年と1991年に低くなっているものの、1977年以前に比べて1983年以降の方が、明らかに高い。

透明度は、CODと同様に12ヶ月と6ヶ月の変化はよく似ている。前者は後者よりも3～5 m低い。透明度とCODは概ね逆位相の関係にあり、透明度が高いときにCODは低く、低いときに高くなっている。透明度はCODが高くなりはじめた1978年から低下しはじめ、1984年、1986年～1990年に高くなっているものの、概ねそれ以前に比べて低下している。

相模湾は、1967年以降の方が1921年～1925年よりも透明度が低下していることから、有機物による汚染の度合いが進んでいることを示唆している。また、1967年～1993年

の26年間の中で、1983年以降有機物による汚濁の度合いが進んでいることがわかった。汚濁の進行が、相模湾の生態系にどのような影響を及ぼしているか、今後の課題である。

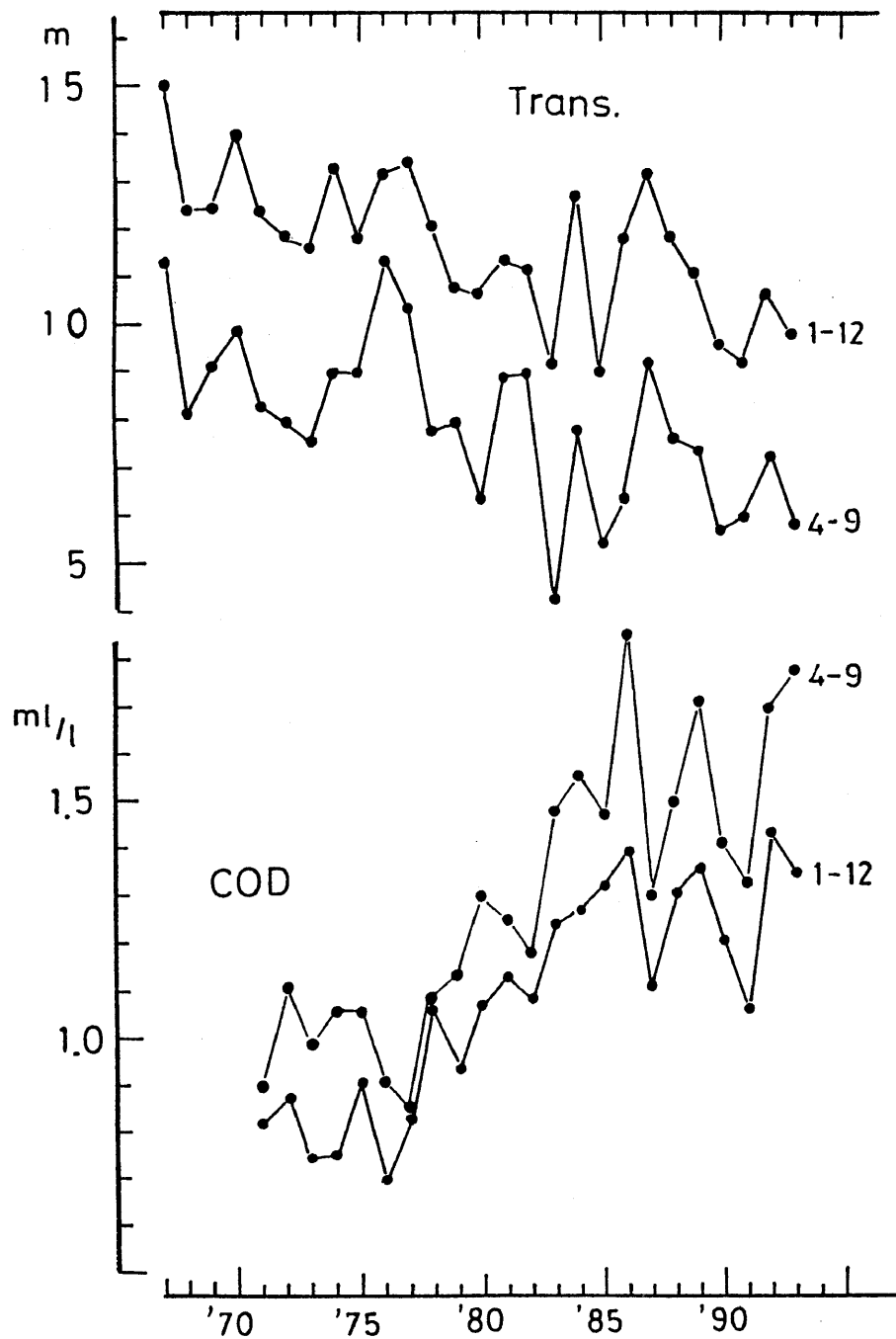


図9.4-2 測点ENにおける透明度（上段）とCOD（下段）の経年変化  
（1-12；1月～12月の平均、4-9；プランクトン増殖期の4月～9月の平均）

## 第10章 気象・海象と災害

## 10.1 調査内容

相模湾及び周辺に被害をもたらした海象・気象災害の内、海岸施設（港湾、防波堤、護岸等）や船舶及び海岸付近の家屋等に発生した被害について調査した。調査対象とした期間は、701年（大宝元年）～1991年（平成3年）までである。

参考資料は、神奈川県気象（横浜地方気象台 1962年）、神奈川県災害誌（神奈川県 1971年）及び神奈川県災害誌編集資料（日本気象協会横浜支部 1994年）である。

気象概況で用いた記号は次の通りであり、気圧は海面気圧である。

P 最低気圧hPa V 最大風速m/s I V 最大瞬間風速m/s

D 風向16方位 R 総降水量mm RH 最小湿度%

## 10.2 調査結果

相模湾及び周辺における海象・気象災害

西暦年月日	年 号	種 目	記 事
1206. 9. 22	建永元年（8月11日）	風水害	鎌倉大風 堂舎順倒浦浦大船小舟覆 （分類本朝年代記）
1216. 2. 18	建保3年（9月6日）	地 変	相模国江島海乾為道（続本朝通鑑）
1241. 5. 22	仁治2年（4月3日）	風 害 地 震	戊刻大地震 南風 由比浦大鳥居内拝殿 被引潮流失 着岸船十余艘破損（吾妻鏡）
1263. 9. 24	弘長3年（8月14日）	風 害	自朝天陰雨降 雷鳴数声 則南風烈 雨脚 弥甚 午剋 大風拔樹 民屋大略無全所 御所西侍倒 棟梁桁等吹抜之亦由比浜着 岸船数十艘破損漂没（吾妻鏡）
1370. 9. 30	建徳元年（9月2日）	風水害	相模海溢れ飯島の民舎三百余戸を流す （資料総覧）
1486.	文明18年	地 変	江島成陸地（会津旧事雑考） 相州江島前海成陸明応地震又為海 （鎌倉大日記） 是年相模国江島海浜潮枯如平地 （続本朝通鑑）
1495. 9. 3	明応4年（8月15日）	風 害 震 災	鎌倉大風（東京市史稿） 大地震洪水 鎌倉由比浜 海水到千度壇 水勢入大仏殿破堂舎 溺死者二百余人 （鎌倉大日記）
1497. 9. 29	明応7年（8月25日）	震 災	伊勢 紀伊 三河 駿河 甲斐 相模 伊豆諸国 地大に震い。瀕海の国は津波の害を蒙り。 就中伊勢国大湊にては家千軒押し流され 五千人溺死す また鎌倉由比浜にては水勢 大仏殿に及び、二百人溺死せり。是日京都 奈良及び陸奥国会津も強く震い、余動月を 重ねたり（塔寺八幡宮帳続 他）

西暦年月日	年 号	種 目	記 事
1598. 4. 6 5. 5	慶長3年（3月）	風 害	江戸大風 高棟の家損 城之北門吹倒 此時自関東上がり船或は荷物をはね或破船 百余艘之内 百艘計 無異議云(当代記)
1606. 6. 30	慶長11年（5月25日）	風水害	夜に入大風 三河国関東 筆麻為之損 同大水（中略）関東も水は無指儀 五月二十五日之大風に 自伊豆国江戸へ石運送之船 数百艘破損（当代記）
1633. 3. 1	寛永10年（1月21日）	震 災	寛永十年正月二十日 明け方七ツ半大地震 二十一日 大地震 相州小田原大地震 民家数千間倒 其の後毎日度々地震 同二十六日申刻大地震 人多死 小田原之町 一里之内 家一つもなし（江城年録） 寛永十年正月二日 晴天 朝 寅ノ下刻 諸国大地震 就中 相州小田原駅宿庄潰 不残民屋一字(元寛日記)
1641. 9. 5	寛永18年（8月1日）	風 害	大風 数十艘の石船 品川沖に沈む(武江年表)
1660. 10. 24	万治3年（9月20日）	風水害	大風雨 この大風雨により諸国に大洪水 勢州尤甚し 豆州下田浦にて船百五六十艘くっがへり 江戸辺までの浦々にて百五六十艘その他を合して七百艘やぶるといへり（徳川実記）
1703. 12. 31	元禄16年（11月23日）	震 災	武蔵 相模 安房 上総の諸国地大に震い 江戸 小田原被害甚し続いて津波襲来し 小田原鎌倉の沿海 安房の長狭 朝夷の両郡 上総の夷隅郡大島 八丈島等その害を被る 震災地全般を通じ 潰家約二万百六十二軒 死者五千二百三十三人に達す(基 公記)
1704. 3. 24	寛永元年（2月19日）	水 害	小田原領水損 天当船一艘 堤防決壊五十三間(日本災異志)
1718. 10. 5	享保3年（9月12日）	風水害 高 潮	朝より翼風少々吹候処八ツ時には風雨強く 夜の五ツ時に止む 廻船破損多し(月堂見聞集)
1722. 12. 11	7 年（11月4日）	風 害	東海道 小田原以東暴風民家転倒し樹を抜 石を飛ばす同し八日南風強く南個大磯辺の 浦々洪濤張り回船十余艘行衛なく吹流せし(塩尻)



西暦年月日	年 号	種 目	記 事
1763. 10. 9	宝歴13年（9月3日）	風水害	大風つなみ夜八ッ時より大風雨に而五幾内近国所々家を倒し大木を倒す別而大阪川口安治川木津川へ大船とも夥しく吹よせ橋八ヶ所落人も損ず 津なみのよし南海にも破船多く 播州の海にても行方知れざる船多しという 又東国も同じ（摂陽奇観）
1771. 11. 12	明和8年（10月6日）	風 害	7日晴 昨日暴風 洲崎辺之海上船八艘覆四十人余溺死之由（金地院日録）
1772. 8. 30	安永元年（8月2日）	風水害	遠州より武州に至るまで大風雨 翌日三日江戸撰方より大風吹大雨降る 樹木を倒し民家破 舟覆人死 永代橋流落る（続日本王代一覽）
1783. 8. 28	天明3年（8月1日）	風 害	朔日 相州鎌倉海辺大荒にて光明寺門前の家五十軒跡かたなし 又漁船二十六艘空中へ巻きあげられ破損し はなれはなれに相成近辺へ落散補陀落寺伽監井境内之人家は又同様まき揚げ或はつぶれ僅に一棟遣れるよし（天明紀聞）
1791. 9. 3	寛政3年（8月6日）	風水害	関東大風雨 相州小田原大津波 箱根山崩山水涌出し 塔沢気賀等湯場流 人多死云（続日本王代一覽）
1808. 8. 15	文化5年（7月25日）	風水害	大嵐 豆州浦賀相州三浦三崎 七里浜 房州駿州遠州灘 紀州和歌浦等通船漂没人多死 江戸近国洪水田畑損（泰平年表 他）
1809. 10. 2	文化6年（8月23日）	風水害	廿二日より廿四日迄 江戸近国 関八州大風雨 神社仏閣武家町家民家多破損大木数多吹倒 通船漂没甚多し（泰平年表）
1820. 11. 21	文政3年（10月16日）	風 害	申中刻 俄に北風吹起て天曇り海中闇冥たり品川浦乗船倒没して人多死亡す（続日本王代一覽）
1825. 10. 2	文政8年（8月20日）	震 災	相模大山崩壊し 家屋埋没し 死傷あり（宝歴現来集）
1836. 8. 29	天保7年（7月18日）	風水害	巳刻より申刻に至て江都及東国筋大雨東南大風烈く大嵐 民家を破倒し大木を吹折 海辺は津波起て人家を漂没す（続日本王代一覽後記）

西暦年月日	年 号	種 目	記 事
1843. 3. 9	天保14年（2月9日）	震 災	江戸地震強し 是日小田原地強く震ひ 城廓破損せりと云う（大日本府県志）
1847. 1. 9	弘化3年（11月23日）	風水害	大風雨 品川海辺高波（続泰平年表）
1856. 9. 23	安政3年（8月25日）	風水害	街道は箱根 小田原 大磯 平塚 此辺は海さへ近き処なれば 是又破損の道橋家居沢山に見えたるなり（戸塚郷土史）
1877. 10. 11	明治10年	風 害	11日暴風雨あり横浜市内被害多し、突風ありて小舟空中に捲き上がり大破、港内の艦船にも被害あり。
1880. 10. 3 ～ 4	明治13年	風水害	3日夜から風雨強まり4日未明最も烈しく同日6時頃より天気回復す。日本船小船50隻中破。
1884. 9. 15	明治17年（9月15日）	風水害 （高潮）	紀伊半島付近に上陸後北東進し浜松から東京北部を通過して本州の東方海上に去った台風。船舶流失沈没91。 P V D 東京 976.6 36.6 SSW
1887. 8. 16	明治20年（8月16日）	風 害	俄然 颶風起りて大風を交え 高波山の如く逆巻来れば 港内の諸船 難を避けんとする暇もなく船舶沈没6隻、大破24隻、負傷者数名。
1889. 9. 11	明治22年	風水害 （台風）	紀伊半島南西部から上陸、岐阜県から北北東進、東北地方を横断オホーツク海に去った台風による。船舶流失沈没2隻。
1897. 9. 8 ～ 9	明治30年	風水害 （台風）	マリヤナ群島に発生、沖縄付近で転向し、9日早朝沼津付近に上陸、県の北西部、東京北部をへて、水戸付近を通り三陸沖に去った台風。船舶流失沈没7、破損26。 P V R 横浜 983.5 20.9 137.0
1898. 9. 6. 7	明治31年（9月6.7日）	風水害	南方海上より潮岬沖にあらわれ、浜松に上陸、北東進した台風による。相模川氾濫したが、その他の地方は寡雨であった。船舶被害14。 P V D R 横浜 991.3 19.5 SSW 61.2

西暦年月日	年 号	種 目	記 事
1899. 10. 7	明治32年（10月7日）	高 潮	マーシャル群島に発生，沖縄付近の海上で北東に転向，横浜付近を通過し，北東進，風は横浜付近，県下の被害は主として高潮による。三崎付近最も大きく，材木座，江の島これに次ぐ。相模湾に面した各地が3 m以上の高波を受け、小田原では6 mに達した。船舶流失沈没3。 P V D R 横浜 957.5 20.4 NW 182
1900. 11. 17	明治33年（11月17日）	風 害	グワム島に発生，ルソン島東方で北に転向沖縄付近から急に北東進して伊豆半島を横断し，東方海上に去った台風による。海上の損害多く，陸上の風害は大したことはなかった。最大風速は横浜で21.7m/s

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1902. 8. 7 ～ 8	明治35年	風水害	被害は足柄上，下郡最も多く，軽微なのは久良岐，三郡両郡，船舶流失6隻	雨量は早川流域最も多く，酒匂川これにつ議，相模川上流ほぼ同じ花水，境川これにつぐ。 降水量（mm） 宮の下395 湯本489 松田 312 小田原352
1902. 9. 5 6	明治35年	浪 害 （台風）	小田原方面の海岸では風雨を伴わないで，激浪去来が，4日に及んだ。 家屋全壊9，半壊26，破損19，流失5，道路破損2，田葉に土砂流入相当あり。床上浸水41，床下浸水213，橋梁流失1，船舶被害3。	最高波高（m） 小田原・早川付近6，これより南4.5内外，鎌倉・三浦郡土曜波のやや高い程度
1902. 9. 28	明治35年	風水害 高 潮	風水害は県下全般に及んだが，高潮は門川から大磯までである 高潮被害 （足柄下郡）家屋流失773，全壊421，半壊330，破損717，床上浸水630，床下浸水963，船舶流失133，破損413	八丈島の西方から房総の南端に上陸、関東地方を北上して、新潟付近から日本海を北東進し、オホーツク海に抜けた台風と、同日午後紀伊半島東部に上陸、北上

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1903. 9. 8	明治36年	浪 害	（中郡）船舶流失1, 破損10, 波高は酒匂川以南は、激浪が海岸をこえて、4～5町の遠きに達した。国府津が被害の分起点でこれより東では次第に低く、大磯では1丈余りといわれた。	して日本海を北東進した台風。  P V D 横浜 960.3 34.1 NE
1903. 9. 23	明治36年	風水害（台風）	吉浜村では床上、床下浸水夫々3, 道路の破損2。	最高波高約2丈, 8日に15時から9日朝の間に起こる
1903. 9. 23	明治36年	風水害（台風）	死者1, 家屋の破損1, 床上浸水7, 堤防決壊1, 破損4, 道路破損15, 橋梁破損13, 田畑の流失埋没1町5反, 船舶の流失1, 山崩6。	四国沖から潮岬付近を経て浜松付近から北上、東北西部を通り北海道西岸沿いにオホーツク海に去った台風  P V D 横浜 993.6 14.0 SE
1904. 7. 9 ～ 10	明治37年	水 害（台風）	酒匂川, 相模川流域で被害大 死者7, 傷者3, 行方不明1, 家屋全壊23, 半壊23, 破損81, 流失7, 堤防決壊410, 破損784, 道路流失破損243, 橋梁流失339, 破損792, 田畑流失埋没4, 498町, 床上浸水878, 船舶流失4, 山崩1, 360。	紀伊半島に上陸して北東進し、日本海に抜けたのち再び東北地方を横切った台風  P V D 横浜 1001.3 10.3 S
1904. 9. 16	明治37年	浪 害（台風）	小田原沿岸におこる。 床下浸水 小田原 12 国府津 6 道路破損 国府津 4 早川 1 橋梁破損 国府津 4 前羽 1 早川 1	小笠原島のはるか西方に現れて北西進し四国沖から北に転向、四国に上陸後さらに北上、山陰から日本海に抜けた台風による。
1906. 1. 10	明治39年	風水害	武相地方では小型漁船, 漁舟の破損, 及び家屋の浸水多し	福建省から韓国南部熊本, 京都をへて鹿島灘にぬけた低気圧による。  P V D 横浜988.0 16.9 SSW 横須賀988.7 10.6 S
1906. 8. 24	明治39年	風水害（台風）	県東部に被害甚大  死者3, 傷者2, 家屋全壊15, 半壊	小笠原の南方で発生北緯30度付近まで北上の後北東に転向

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1907. 3. 23	明治40年	風 害	6,破損194,流失1,堤防決壊99,破損224,道路流失埋没58,破損740,橋梁流失43,破損44,田畑の流失埋没637町,船舶流失9,破損25,山崩155.  小田原以南で船舶の遭難 帆船3,漁船4,溺死者3,傷者5	房総半島をかすめて三陸沖に去った台風による。 P V D 横浜992.2 20.6 NNE  石垣島より南岸沿いに進んだ低気圧による。 P V D 横浜993.1 14.0 NNW
1907. 9. 17	明治40年	風水害	死者14,傷者5,家屋全壊10,半壊4,破損8,流失2,非住家被害454,床上浸水586,床下浸水3320,堤防決壊111,破損167,田畑流失埋没51,73町,船舶被害10,山崩れ140	熊野灘から三崎付近東京湾をへて,千葉水戸を通過,金華山沖にぬけた台風による。 P V D 横浜 991.7 11.6 N
1908. 9. 30	明治41年	赤 潮	魚類がへい死した。数日にして復旧。	
1910. 6. 22 ～ 25	明治43年	赤 潮	屏風が浦から北下浦までの間はへい魚浮魚稍多く,金沢以南では生籠の魚は皆死	三浦郡、久良岐郡の沿岸に発生する。
1910. 7. 13	明治43年	赤 潮	弊魚浮魚をみる。	西浦・鎌倉・江ノ島海岸で発生する。
1910. 8. 7 ～ 13	明治43年	水 害	被害の最も大きかったのは足柄上,下両郡。 死者37,負傷者19,行方不明2,家屋全壊45,半壊94,破損459,流失75,非住家被害379,床上浸水3557,床下浸水10,486,堤防決壊447,破損623,道路流失及び埋没461,破損1,815,橋梁流失339,破損459,田畑の流失埋没879町,船舶被害13,山崩2,258。 農作物被害額1,358,805円	10～11日八丈島付近を北東に進んだ台風南方海上から静岡県に上陸,三陸沖にぬけた台風と前線の活動による。 P V D 横浜991.1 13.9 ENE
1911. 6. 19	明治44年	風水害	横浜港内で常陸丸の鎖切断して座洲,小型蒸気船沈没1。 溺死者数名,三崎方面帆船破壊1,堤防決壊1,破損17,橋梁流失1山崩8,この他果樹の被害多い	沖縄から北東進,四国に上陸,神戸,長野、福島をへて三陸沖にぬけた台風による。

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1911. 7. 25 ～ 26	明治44年	風水害 高 潮	相模川から東側で被害が大きい 特に、三浦、久良岐、横浜、橋 樹に著しい。相模湾と東京湾に 高潮おこる。 死者29, 傷者57, 行方不明15, 家屋全壊367, 半壊354, 破損5, 98 8, 流失25, 非住家被害3, 812, 床 上浸水2200, 床下浸水3779, 堤防 決壊156, 破損226, 道路流失及び 埋没92, 破損320, 橋梁流失132, 破損104, 田畑流失埋没967町, 船舶被害1985, 山崩229。 なお今回の暴風雨は南東風の ため、真鶴方面は平潮より3尺 横浜港では平均潮面より10尺高 まる。測候所の露場は潮水に現 われ、驗潮儀室は流失した。	P V D 横浜988.4 21.6 SSW  マリアナで発生、琉 球東方海上で北東に 転向、土佐沖、紀伊 の南端をかすめ、沼 津、横浜をへて北北 東に進んだ台風によ る。  P V D 横浜970.7 20.4 SE 横須賀 971.7 22.4 SSE
1911. 8. 9 ～10	明治44年	雷 災	死者5, 傷者4, 家屋全壊11, 半壊 12, 破損81, 流失1, 堤防決壊161, 破損647, 橋梁流失133, 破損224, 船舶流失46, 山崩379, この他, 田畑宅地の流失埋没多し。	9日朝から俄雨俄中 山道一帯におこり, 午後になって東海道 東部及び両毛の地に 豪雨をもたらした。
1912. 5. 4	明治45年	風 害	横浜港の内外で数隻の沈没船	当地方の北方を通過 した低気圧による。 P V D 横浜743.5 16.1 SSW
1912. 8. 31 ～9. 1	大正元年	浪 害	小田原以西の海岸に激浪相次ぐ 家屋全壊96, 半壊117, 破損78, 流 失13, 床上浸水209, 床下浸水754 堤防決壊16, 破損7, 道路流失及 び埋没11, 破損9, 船舶被害39。	八丈島から房総の南 東沖に北上し、銚子 沖から金華山沖にぬ けた台風による。 波の高さ(丈) 吉浜 10.0 真鶴～石橋 4～5 早川, 小田原 3 酒匂以北 1内外 P V D 横浜982.0 17.3 NNE
1912. 9. 22 23	大正元年	風水害 (台風)	被害は津久井郡に多い。家屋全 壊72, 半壊47, 破損902, 流失3, 非 住家被害903, 堤防決壊3, 破損27	沖縄付近から北東進 死、四国南西部に上 陸、兵庫県から若狭

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1913. 8. 27	大正2年	風水害	道路の損壊31, 橋梁流失18, 破損7, 船舶被害1, 山崩11, 田畑の流失埋没13.5町, 浸水は465町で, 高座愛甲に多く死者6.	湾へ出て日本海沿岸を北上24日朝オホーツク海に去った台風 P V D 横浜988.0 20.0 SSW
1914. 8. 13	大正3年	風水害	県西部, 北部及び鎌倉付近に被害多い。堤防決壊147, 破損202.	ヤップ島に発生, 八丈島付近, 房総半島を横断, 霞ヶ浦から鹿島灘にぬけた台風による。 P V D 横浜 969.4 17.2 NE
1914. 8. 13	大正3年	風水害	早川の出水殊に劇しく, 被害の多くは足柄上下郡, 愛甲3郡, 津久井郡これに次ぐ。堤防決壊83, 破損164, 小田原電車, 熱海軽便鉄道は交通一時杜絶。	ガム島から八丈の西を通り, 沼津附付近に上陸し, 八王子をへて北東進した台風による。 P V D 横浜 988.0 23.6 E
1914. 8. 29 ～ 30	大正3年	風水害 高 潮	早川流域の被害が最も多い。堤防決壊2, 破損14。高潮は, 早川付近より国府津方面, その高さ2丈位。	八丈島と小笠原の間から北東にすすみ, 静岡, 浜松間に上陸新潟付近にぬけた台風による。 P V D 横浜1001.0 17.6 E
1914. 10. 1	大正3年	浪 害 (台風)	大磯方面より三浦郡の西海岸は一般に波浪高まり江ノ島西海岸に特に被害起る。生簀は江ノ島はじめ小坪, 葉山, 西浦皆流失船舶沈没20, 大破8, 破損21. 波浪の高さ 江ノ島 9 m 葉山 6 m 西浦 15 m 長井 3 m	鹿児島方面から東北東にすすみ, 沼津付近に上陸, 所沢をへて水戸方面に向かい海上に去った台風による。 P V D 横浜 988.0 9.4 W
1916. 2. 29	大正5年	風水害 (低気圧)	足柄下郡船舶被害難破10, 破損5死者4, 傷者3, 三崎てんぷく1.	本州南部と日本海側を二つ玉となって通過した低気圧による P V D 横浜989.8 13.2 S

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1916. 7. 29	大正 5 年	風水害	風害は川崎方面に多く、水害は中央部に多い。船舶被害2.	小笠原諸島南方まで高速で東北東進しそこから急に北東に向きをかえ八丈島の東から房総半島先端、三浦半島、県央を経て甲府から富山方面に去った台風による P V D 横浜988.3 20.3 NNE
1917. 10. 1	大正 6 年	風水害 高 潮 (台風)	橘樹、三浦、鎌倉、久良岐、横浜に最も被害大きく、三浦半島相模湾沿岸には高潮の被害がでる。堤防護岸決壊54, 破損59, 船舶被害1200.	ルソン島から北東進駿河湾から県北西部を通り、浦和付近から東北地方の東部を北上した台風による P V D 横浜953.5 22.9 SSW
1918. 8. 6 ～ 8	大正 7 年	高 潮	江ノ島以西の地方では、浸水又は道路を流われ、潰家も出る。熱海軽便鉄道一時不通となる。	八丈島の南方を北西進、朝鮮海峡から北東にすすんだ台風による。
1918. 9. 24	大正 7 年	風水害 塩風害 (台風)	堤防決壊15, 破損9, 船舶被害7, なお雨が止んだ後強風となったので塩風害がおこる。	ラサ島の南方から北北東に転向し、遠州灘に接近、この時小笠原の西方にも台風があつて相ついで襲来、浜松付近から上陸した後北北東進、新潟県北部から奥羽の西海岸沿いを北上し26日朝オホーツク海に去った台風 P V D 横浜981.7 15.5 SSW
1920. 9. 29	大正 9 年	風水害 (台風)	県東部及び、足柄下郡におこったが、戸塚付近特に甚だしい。堤防決壊28.	ラサ島から九州南の沖、土佐沖をへて房総をかすめ、東北東進して三陸沖に去った台風による。  P V D 横浜980.7 14.1 NNW 横須賀 25.1 NNW



西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1922. 4. 26	大正11年	震 災	川崎, 横浜, 横須賀, 浦賀, 三崎町等に被害が出る。	横浜では開所以来の強震 初動方向 ESE-WNW
1922. 8. 24 ～ 26	大正11年	風水害 高 潮 (台風)	被害区域は三浦, 足柄上, 中, の3郡。三浦足柄2郡に著しい船舶流失28, 防波堤破損19, 栈橋破損10.	グアム島から小笠原島をへて, 遠州灘に接近, これより北東に転向。相模灘を横切り常陸沖にぬけ北北東に去った台風による。これに続いて25日～26日にかけて当地方を通過した前線の活動による P V D 横浜963.9 18.8 ESE
1923. 9. 1	大正12年	震 災 (関東大震災)	午前11時58分, 東京, 神奈川, 千葉, 埼玉, 静岡, 山梨, 茨城, 群馬, 長野の各県に地震。その上火災と津波により, 神奈川, 東京に被害著しくなる。横浜市は殆ど全市焼土と化す。	東京以西, 神奈川県北方は沈降, 房総方面は全部隆起。 津波の三崎における波高6m
1924. 9. 16 ～ 17	大正13年	風水害 (台風)	海上でも発動機船等の沈没流失等があった。	紀伊半島南方海上から北上、北緯30度付近から北東に転向17日早朝房総半島をかすめ三陸沖に去った台風。 P V D 横浜 999.9 17.2 NE
1925. 10. 1	大正14年	風水害 (台風)	堤防決壊5, 破損10.	沖縄東方海上を北上四国沖で東北東に転向して房総沖を通った台風によるもの P V D 横浜 991.5 11.0 N
1925. 12. 21 ～ 22	大正14年	風 害	発動機船沈没1.	季節風の吹き出しによる。 P V D 横浜 988.4 8.5 SW
1926. 9. 4	大正15年	風水害 (台風)	横浜市内をはじめ各地方では, 海陸共に被害多し。	沖縄東方海上で転向潮岬に上陸して本土

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1929. 9. 9 ～ 10	昭和 4 年	風水害	小型船沈没 6、破損 1  船舶被害あり	縦断、三陸沖にぬけた台風による。 P R 横浜 997.8 19  沖縄の南海上から北東進、伊豆半島をかすめ、東京湾から鹿島灘にぬける台風による。 P V D 横浜 978.7 28.6 NNW
1931. 2. 6	昭和 6 年	風 害	久里浜村の漁船、行方不明となり死者2, 行方不明2, 伝馬船海岸に打上げられ、重傷2, 行方不明2, 又三崎村で発動機船行方不明12名の乗組員あり。	南岸低気圧による。 東海道は風雨強い。  P V D 横須賀 1005.0 14.5 W
1932. 11. 14 ～ 15	昭和 7 年	風水害 (台風)	本県は千葉県とともに風力の最も強かった区域に属し秦野、大磯、松田方面に風害殊に著しい船舶被害22, なお今回の被害は大正 12 年の関東大震災にすぐものである。	フィリピン付近から北東に転向次第に北東に転向、房総半島をかすめる  P V 横 浜 967.9 36.3 D R 横 浜 NNW 164
1934. 9. 21	昭和 9 年	風 害 (室戸 台風)	本県の被害は主として暴風による。	四国の室戸岬の西方に上陸、新潟付近から三陸に抜けた台風 P V D 横浜 967.9 36.3 NNW
1938. 8. 31 ～ 9. 1	昭和 13 年	風水害	堤防決壊90, 破損81, 船舶流失沈没26.	八丈島付近より北上三浦半島をとおり、関東を縦断秋田にぬけた台風による。 P V D 横浜 970.6 37.4 NE
1939. 5. 20	昭和 14 年	風 害	横浜港でヨット転覆3.	前線通過後の突風。 最大瞬間風速 NNE 26.0m/s

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1940. 7. 27	昭和15年	雷 災	横浜市で落雷により。船舶被害4.	妙義山麓付近に発生したもの、甲府盆地に発生したものと合流して横浜上空で強烈となったもの。
1941. 1. 20	昭和16年	風 害	小船流失沈没、なお東京湾では漁船多数転覆破損し溺死16, 行方不明24.	寒冷前線の通過による突風 <div style="text-align: right;">P      V</div> 横浜 976.0 23.0 羽田            18.5 <div style="text-align: right;">D      R</div> 横浜      N      1 羽田      NNW    ー
1948. 9. 16	昭和23年	風水害 高 潮 (アイオン台風)	県西部山岳地帯で豪雨があり、これによる洪水が起きた。又風害は大したことはなかったが、相模湾、東京湾には高潮がおき被害が甚だしかった。堤防破壊227, 船舶被害73, なお湯本、小田原、湯河原、吉浜に合計数町、三浦半島の南部に5町程度の白補の発生がみられた。	マーシャル群島に発生、潮岬沖合いで北東に転向。伊豆半島南端をかすめ、富崎木更津間に上陸銚子の北を通った台風による。 <div style="text-align: right;">P    V    D</div> 横 浜961.4 25.8 N 箱根山651.4 32.5 NNE 高潮 (気象潮cm) 早川 5    吉浜 6 大磯 8    油壺 3 浦賀 4
1949. 8. 31 ～ 9. 1	昭和24年	風水害 高 潮 塩風害 (キテイ台風)	暴風雨による被害は勿論のこと台風の中心の通過時刻が満潮時に当たったため高潮の被害も大きくなった。堤防決壊85, 船舶被数218, なおこの台風では塩風害おこり三崎付近および茅ヶ崎から相模川に沿って農作物に軽微な損害がでた。 船舶流失沈没 134.	マーカス島付近に発生、毎時25軒で北西にすすみ、鳥島東方で北西に向きを変え、大島の西をとおり小田原付近に上陸新潟から日本海に出台風による。 <div style="text-align: right;">P    V    D</div> 横 浜978.0 32.5 SSE 酒 匂963.3 17.0 S 箱根山868.7 39.5 NE 高潮 (気象潮cm) 横浜港第1区 87 東京霊岸島 140

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1949. 10. 27 ～ 28	昭和24年	風水害 (パトリック 台風)	船舶流失沈没1, 破損6. P V D 横浜 993.5 30.0 N	伊東 53 沖縄の東方海上を北 東進し、28日朝八 丈島付近を通り、房 総沖を経て三陸沖へ 去った台風
1950. 1. 31	昭和25年	風 害	小船流失沈没 3.	日本海南部を通過し た低気圧による。 P V D 横浜994.5 22.9 SSW
1952. 6. 22 ～ 23	昭和27年	風水害 (ダイナ 台風)	船舶流失8, 破損3.	フィリピン東方海 上に発生、沖縄をか すめ、浜名湖付近か ら上陸、静岡の北方 厚木付近をへて、鹿 島灘にぬけた台風に よる。 P V D 横浜 984.5 21.0 W
1953. 9. 24 ～ 25	昭和28年	風水害 高 潮 (13号 台風)	暴風雨に加えて高潮も起里、さ らに28日-29日になっ てから沿岸地方では塩風害が起こ る。 堤防決壊33, 船舶被害5.	南大東島付近の海上 から北上、潮岬に上 陸、本土横断して三 陸方面から海上にぬ ける。 P V 横浜 985.5 22.3 D R S 127
1954. 8. 18 ～ 19	昭和29年	風 害 (台風 5号)	小型船舶被害(大破)1, 漁業用 網流失1, 海水浴場脱衣所流失15 破損87.	沖縄付近で転向、鹿 児島湾に上陸し、衰 え乍ら、本州を横断 して金華山沖にぬけ た台風による。 P V 横浜 991.2 18.4 D R S 13
1954. 9. 17 ～ 18	昭和29年	風水害 (台風 14号)	船舶流失54.	マーカス島方面から 北上し、御前崎の東 方に上陸、伊豆半島 を横切り相模湾、房

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1954. 9. 25 ～ 26	昭和29年	風水害 (台風 15号)	船舶沈没1.	<p>総半島をへて東方海上にぬけた台風による。</p> <p>P V 横浜 982.1 20.8 D R WNW 123</p> <p>沖縄方面から、大隅半島に上陸中国地方を横断して日本海に出、宗谷海峡にぬけた俗にいう「洞爺丸台風」である。</p> <p>P V 横浜 994.5 21.7 D R S 0</p>
1956. 9. 26 ～ 27	昭和31年	風水害 (台風 15号)	船舶被害1.	<p>沖縄の南西海上出転向、御前崎付近に上陸、伊豆半島北部、厚木、柏を通り鹿島灘にぬけた台風による。</p> <p>P V D R 横浜 986.9 21.4 NNW 124</p> <p>気象最大 横浜 33cm(14時30分)</p>
1957. 12. 12 ～ 13	昭和32年	風 害	横浜港では小型船の事故多く、小田原山北方面ではミカン山に大きな被害が出る。	<p>発達した低気圧の日本海岸沿いに進んだことによる。</p> <p>P V 横浜 992.0 19.3 D R SSW 17</p>
1958. 7. 21 ～ 23	昭和33年	風水害 (台風 11号)	堤防決壊10, 船舶被害13,	<p>ドラック島付近に発生、南大東島のはるか南の海上から北上御前崎付近に上陸し東京都西部仙台市を通り三陸沖にぬけた台風による。</p> <p>P V 横浜 986.9 29.2 D R SSE 153</p>

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1958. 8. 24 ～ 26	昭和33年	風水害 (台風 17号)	小船沈没.	グアム島付近に発生 紀伊半島の御坊付近 に上陸し、近畿中部 福井、新潟をとおり 東進した台風による P V 横浜 1003.7 17.7 D R SSW 71
1958. 9. 16 ～ 18	昭和33年	風水害 (台風 21号)	堤防決壊12, 船舶破損6, ろ, か い等による舟の被害59.	カロリンのウルシー 島付近に発生、沖縄 の南で最盛期にはい り、伊豆半島の南端 をかすめ、三浦半島 南部、横浜、東京を へて、鹿島灘にぬけ た台風による。 P V 横浜 962.6 26.7 D R WNW 120
1958. 9. 25 ～ 26	昭和33年	風水害 (台風 22号)	この台風は伊豆半島に未曾有の 被害をおこし、「狩野川台風」 とよばれた。 堤防決壊44, 船沈没2.	グアム島東方海上に 発生、最盛期はかな り長買ったが、伊豆 半島に近づくとつれ 急速に衰えてきた。 大島の西方から江の 島に上陸、横浜、東 京をとおり、鹿島灘 にぬけた。 P V 横浜 968.5 28.8 D R SE 321
1959. 8. 14	昭和34年	風水害 (台風 7号)	堤防決壊2, 船舶破損2, ろ, か い等による舟の被害3.	マリヤナ東方海上に 発生、鳥島付近を北 上して富士川河口に 上陸、長野、直江津 をとおり日本海を横 断、沿海州に去った 台風による。 P V 横浜 993.6 18.4 D R

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1959. 9 26 ～ 27	昭和34年	風水害 (伊勢湾 台風)	堤防決壊6, 船舶被害9, 農林水産 関係 4 億4, 952万円 特に東海道線は根府川以西で完 全にマヒ.	SE 74 気象潮 (cm) 横浜 53  エニウエトツク島西 方洋上で発生, 潮岬 の西方から紀伊半島 に上陸, 本土を横断 した「伊勢湾台風」 による。  P V 横浜 989.4 24.4 D R SSE 75
1960. 5. 24	昭和35年	津 波	チリに起こった大地震津波が時 速600～800で太平洋を横断し, 日本に襲来した。太平洋岸では 所々大被害が起ったが, 神奈川 県で漁網の損傷程度に終わった。 なお, 第1波は3時乃至3時50分 に襲来している。	最高水位はT P 上 1.5m前後, 退水距 離も下浦海岸で50cm , 江奈湾で100cm 顕著な波は4～5回 周期は60～70分で5 時間くらい継続した  急速に衰えてきた。 大島の西方から江の 島に上陸, 横浜, 東 京をとおり, 鹿島灘 にぬけた。  P V 横浜 968.5 28.8 D R SE 321
1960. 6. 21 ～ 22	昭和35年	風 害	大雨による被害は小さく, 強風 による被害が大きかった。 船舶被害1.	本州南岸沿いの前線 が揚子江中流域に発 生した低気圧の東進 につれて活発となっ たもの。
1960. 10. 26	昭和35年	塩風害 (台風 11号)	強い塩分を含んだ南西の風が吹 き横須賀市内で電柱のガイシの 漏電、腕木の焼失があった。	鳥島付近を北東に進 んだ台風による。 26日の横浜の記録 V I V D 14.7 19.5 SW

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1960. 12. 3	昭和35年	突風害 (前線)	横須賀沖第2海保付近で機帆船千代丸(50T)が横波のため浸水沈没、行方不明5.	寒冷前線の南下による突風 3日の横浜の記録 V I V D 9.1 9.5 N
1961. 4. 4 ～ 5	昭和36年	風 害 火 災 (低気圧)	浚渫船(470T)沈没、死者1、行方不明3、船舶接触損傷8、横浜港出入港のおくれ36隻.	発達した低気圧が日本海北部を通過したため、南西の風が強まる。 5日の横浜の記録 V I V D 22.3 34.2 SSW
1961. 4. 27	昭和36年	風水害 (低気圧)	船舶被害1, 床下浸水62他.	南岸低気圧によるもの降水量(26日)mm 真鶴108, 鎌倉126 三崎36.
1961. 9. 16	昭和36年	塩風害 (第2室戸台風)	京浜から湘南地方にかけて塩風害あり。落葉樹を中心に、農作物にも被害発生。	グアム、沖縄、奄美を通過、大坂・神戸間に上陸、敦賀、佐渡、宗谷海峡へと抜ける。
1961. 10. 10	昭和36年	風水害 (台風 24号)	船舶被害1, 小田原地方で被害(倒木1000本, 落果1800ト, 風ずれ1200ト)等.	5日の横浜の記録 P V I V D 983 23.2 33.8 NNW
1961. 10. 19	昭和36年	突風害 (前線)	横浜港外防波堤沖200m付近で練習中のヨット7隻が8時頃, 突風のため転覆2人死亡.	寒冷前線の南下により、沿岸で朝から南西の風が強まる。 19日の横浜の記録 V I V D 11.7 19.2 SW
1961. 10. 26 ～28	昭和36年	浪 害 (台風 26号)	小田原方面で27日夜半から風浪がたかまり、28日朝最高になる。最高波高は10mに及んだと言われるが、碎波の高さと推定される。家屋流出7、半壊2。	日本海低気圧と台風26号によりうねり高まり28日小田原方面で浪害が発生した。
1961. 11. 23	昭和36年	突風害 (前線)	川崎市末広町の多摩川河口にある県営埋め立て地の沖でノリ養殖つみとり中の小舟2隻が転覆溺死2。	低気圧日本海通過 寒冷前線通過 23日の横浜の記録 V I V D 10.3 14.0 N



西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1962. 2. 11	昭和37年	風 害 (低気圧)	突風のため各地で物の飛散、大波などが起こった。	非常に発達した低気圧が日本海中部を時速80kmで東北東進した(千島で972hPa)
1962. 3. 16	昭和37年	突風害 (前線)	横浜港で26隻の船が出入港をのばした。	樺太付近の発達した低気圧から南西に延びる寒冷前線が県内を通過。 16日の横浜の記録 V I V D 15.7 24.9 WSW
1962. 3. 25	昭和37年	霧 害	濃霧のため横浜港で20隻の船が立往生した。	日本海西部の低気圧から南東に延びる温暖前線が海岸沿いに停滞。視程40m以下。
1962. 4. 3	昭和37年	風 害 (低気圧)	横浜港, 大型船25隻出入港停止。	黄海の低気圧が発達して日本海に進み、これから南西に伸びる前線上にも低気圧が発生、強い南風 3日横浜の記録 V I V D 17.0 29.9 SSW
1962. 8. 1 ~ 4	昭和37年	浪 害 (台風 9号)	台風9号に伴う高波で1日須賀漁港付近で漁船員1名高波にさらわれ行方不明、3名負傷。	9号台風が東支那海を北上日本海を通り4日に北海道で低気圧となった。
1962. 8. 19	昭和37年	浪 害 (台風 12号)	19日夜7時頃から満潮と重なり、小田原市米神地先では8mもある高波が岩壁に当って国道を洗い車は一時通行止め。	大型台風12号が16日硫黄島南東海上を北北西進し、19日夜八丈島付近をノロノロ北上、20日正午房総半島の南海上を北東進、鹿島灘に抜けた。 V I V D 横浜 9.8 16.3 N

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1963. 1. 15	昭和38年	風 害 (前線)	海岸地方で強い南よりの風が吹き荒れ、小田原では鉄やぐらが倒れ負傷2名、横浜港で船舶7隻が出入停止。	秋田沖低気圧から南に伸びる強い寒冷前線が通過。 15日横浜の記録 V I V D 17.2 29.9 SW
1964. 3. 20	昭和39年	突風害	横浜から油壺に回航中の学習院大学ヨット(5人乗組)が三浦半島南端で遭難死者、行方不明計5人。	二つ玉低気圧に伴う前線による突風。 横浜 V I V D 20日 8.2 14.1 SW 21日 13.7 19.1 N
1964. 9. 25	昭和39年	風水害 塩風害 (台風 20号)	雨の被害は少なく、南よりの突風によるもの多し。	9月19日マリアナ諸島北西方で発生した台風20号は24日夕九州南部に上陸(940hPa)本州を横断して三陸沖に抜けた。 P V 横浜 995.6 23.3 I V D 37.4 SSW
1965. 8. 22	昭和40年	風水害 (台風 17号)	船舶沈没1.	15日夜ウエーキ島南東で台風17号発生、20日鳥島の南200kmを北西進、22日早朝進路を北北東にとり、夕刻伊豆半島南部に上陸(970hPa)、小田原付近、東京湾、千葉県北部を通り鹿島灘に抜けた。 P V 横浜 993.4 14.2 D R 21.1 SE

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1966. 9. 24 ～25	昭和41年	風水害 (台風 26号)	船舶流失沈没1.  P V D R 横浜 990.8 26.5 41.4 SSE	25日0時過ぎ御前崎 付近に上陸し、山梨 県をへて北北東進し た台風による。
1967. 8. 13	昭和42年	浪 害	この日海水浴場で高波による水 死者多く、水死8、行方不明5 江ノ島湘南港付近でヨット10隻 転覆。	台風15号崩れの熱帯 低気圧が日本海を通 過、南よりの風が強 まり、高波が起こっ た。 13日横浜の風の記録 V D I V D 12.5 WSW 18.8 WSW
1968. 2. 15 ～16	昭和43年	雪 害	漁船2隻破損。	14日台湾北部に発生 した低気圧は発達し 本州南方沖を東進16 日未明八丈島の北を 通り昼前関東の東海 上に抜けた。
1968. 7. 5 ～ 6	昭和43年	水 害 (前線)	船舶(ボート)3。	2～3日に小型台風 3号が通過した後南 岸沿いに停滞する梅 雨前線を低気圧が 通り5日夜半から6 日朝にかけて沿岸部 を中心に雨が降った
1968. 8. 25 ～30	昭和43年	風水害 (台風 10号)	P V I V D R 横浜 994.9 16.3 28.2 S 208	台風10号が25日夜、 沖縄の南東海上200 kmに達した頃太平洋 岸にあった前線は台 風に刺激され、活動 あG活発となり25日 から28日にかけて局 地的な大雨があった

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1968. 12. 10	昭和43年	風 害 (竜巻)	漁船1隻転覆.  三浦観測所の10日の風 Time    2       3       4       5 D       SE       SE       SE       SE V       3.2    11.3    11.3    16.3  Time       6       7       8 D       SE       SSE       W V       15.0    6.5    3.7	8日東支那海に現れた低気圧は9日から10日にかけて南岸沿いを東進、10日朝伊豆半島西岸から相模湾北部を通り三陸沖に抜けたが、低気圧の中心から南西に伸びる寒冷前線の前面の暖域内の三浦市岩浦部落で8時15分頃竜巻がおり浦賀水道へ去った。
1969. 8. 23	昭和44年	風水害 (台風9号)	P    V    I V    D    R 横浜 969.6 14.5 27.4 SSE 71	沖縄付近から北上して本州中部から関東北部をへて北海道方面へ去った台風。
1970. 6月中旬 ～8月上旬	昭和45年	濃霧害	海難状況(第3管区海上保安本部調) 7.21～25までは連日の濃霧で船舶の衝突18件、乗り上げ5件、合計23件、41隻におよぶこのうち野島埼以東8件、東京湾内9件、その他6件、大部分は午前中に発生。	関東南部の海上に多発して海難をおこした濃霧。この期間の本州南方海上は太平洋高気圧におおわれることが多く、また関東付近の海域は寒暖両流の接触地帯となり、同海域に現れた顕著な冷水塊も原因となった。
1971. 8. 31	昭和46年	水 害 (台風23号)	漁港関係施設・漁具(定置網等)の被害金額:6,975千円	九州南部上陸、四国東部、房総鹿島沖東北東進。 横浜の31日の日降水量178.5mm.
1972. 7. 11	昭和47年	豪 雨 (梅雨前線)	農林水産施設被害5,794,656千円、水産物被害17,000千円	梅雨前線により、丹沢山地で集中豪雨、死者6人、家屋全壊32
1973. 5. 20	昭和48年	強風害 (低気圧)	江ノ島でヨットレース中に200隻の内、20隻が転覆。	日本海低気圧のため南寄りの強風。 最大瞬間風速22m/s 波浪 2 m.

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1974. 4. 21	昭和49年	強風害 (日本海低気圧)	フェリー欠航, 船舶破損 8 隻, 船舶流出20隻.	日本海低気圧に南の 暖かい風が吹き込む 最大風速16.2m/s, 最 大瞬間風速31.2m/s.
1974. 7. 6	昭和49年	風水害 (台風 8 号, 前線)	漁船破損 8 隻(被害6,000千円).	日本海中部を北東進 した台風と南に延び る前線により横須賀 で221mm(2時~8時 )の雨量、三浦半島 先端で竜巻が発生し 最大瞬間風速60m/s.
1979. 2. 27	昭和54年	落雷害 (寒冷前 線, 局地 性擾乱)	27日10:30三浦市城ヶ島沖25km の海上で漁船のアンテナに落雷、魚 探が爆発し、漁船員 1 名死亡.	日本海中部の低気圧 から延びる寒冷前線 と関東東海上の低気 圧により弱い擾乱.
1979. 3. 30	昭和54年	強風害 (日本海低気圧)	船舶損傷 3 隻、真鶴半島三石沖 で釣船(2人乗り)転覆死者 2 人.	台風なみに発達した 日本海低気圧により 県下では大風. 小田原漁業無線局で 22:44に最大瞬間風 速43.2m/sを観測.
1979. 9. 24	昭和54年	浸水, 長 雨, 強風 害 (台風16 号, 18号, 停滞前線 )	船舶被害 1 隻.	台風16号が10/1に超 スピードで三陸沖に抜 け, 6日には台風18 号が伊豆半島南海上 で温低になり三陸に 抜ける. 不安定な天 気が長く続いた.
1981. 4. 19	昭和56年	浸 水 (南岸低 気圧)	船舶被害 3 隻.	日本海と伊豆沖に低 気圧, 県央豪雨.
1982. 8. 1	昭和57年	強風, 塩 風, 浸水 (沿岸波 浪, 台風 10号, 梅 雨前線)	沿岸の農作物に塩害。横浜港で 小型タンカー・貨物船沈没、大破。 横須賀・小田原で漁船流出、岸 壁損傷。1 人行方不明。 港湾被害22ヶ所, 船舶被害20隻.	渥美半島上陸, 富山 湾に抜ける。 内陸部で集中豪雨, 沿岸部では強風と波 浪.

西暦年月日	年 号	種 目	被 害 状 況	気 象 概 況
1982. 11. 30	昭和57年	強風, 強雨 (二つ玉低気圧)	港湾被害2箇所、船舶被害2隻 三浦市で、強風と高波で船員転落死、横浜港で貨物船4,391トンが強風のため、岸壁に打ち寄せられ小破、岸壁2箇所が損壊。	日本海低気圧972hpa 太平洋低気圧999hpa 横浜の最大瞬間風速29.2m/s, 時間雨量40mm.
1983. 8. 15	昭和58年	強風害, 浸水 (台風5, 6号)	港湾被害3箇所.	台風6号が5号より早く関東沖を通過, 台風5号は速度が遅く上陸後もゆっくりと関東地方を通過, 雨台風であった.
1985. 6. 29	昭和60年	強風害 (台風6号, 梅雨前線)	港湾被害5箇所, 船舶被害2隻.	静岡県田子の浦付近に上陸, 県西部を通過, 横浜で最大瞬間風速 南南西39.5m/s (7月としては1938年以来2位)
1990. 11. 9	平成2年	強風害 (日本海低気圧)	横浜港・本牧沖と浦賀水道で貨物船など接触事故発生。	黄海にあった低気圧が猛烈に発達しながら樺太に達した. 県内では, 9日夜から10日夕方まで強い風が吹き荒れた.

# 相模湾の海洋環境に関する文献

相模湾の海洋環境に関する文献

（流況）

1. 気象庁(1947～)：気象庁海洋気象観測資料.
2. 神奈川県水試(1965～)：漁況海況予報事業結果報告書.
3. 海上保安庁水路部(1987～)：水路部観測報告 潮流編
4. 神奈川県水産課(1959)：神奈川県沿岸漁場調査報告書 VOL5.
5. 神奈川県水産課(1960)：神奈川県沿岸漁場調査報告書 VOL6.
6. 神奈川県水試(1963)：神奈川県沿岸海洋観測資料（東京湾・相模湾）.
7. 神奈川県水試相模湾支所・神奈川県定置漁業研究会(1971)：相模湾ぶり漁海況調査表 昭46.
8. 神奈川県相模湾水質調査委員会(1980)：相模湾類型指定調査報告書(水質及び流動調査結果). 神奈川県環境部.
9. 神奈川県水試(1992)：瀬の海漁場資源生態等調査報告書.
10. 海上保安庁(1951, 1971, 1977)：日本近海海流図(1, 2, 3)(海図6034, 6041, 6042)
11. 海上保安庁水路部(1966)：相模湾および駿河湾海潮流観測報告書.
12. 海上保安庁(1983)：沿岸海の基本図：相模湾海底地形図(6363-5)
13. 海上保安庁水路部(1983)：日本近海海流調査統計図－季節別－.
14. 海上保安庁第三管区海上保安本部(1986)：沿岸流観測報告. (NO.1)
15. 海上保安庁水路部(1993)：日本近海海流統計図－季節別－.
16. 大西慶一・田中敬健・藤田信一他(1971-1980)：相模湾における海流ビン放流試験. 静岡県水試（昭和45-54年度事業報告）.
17. 防衛庁(1987)：相模湾海潮流図
18. 土木学会・相模川河口調査委員会(1966)：相模川河口調査報告書（昭和40年度）.
19. 土木学会・相模川河口調査委員会(1967)：相模川河口調査報告書（昭和41年度）.
20. (財)相模湾水産振興事業団 相模湾漁業公害対策協議会(1977)：相模川河口域環境調査報告書.
21. 日本水路協会(1979, 1980)：沿岸流精密測定技術手法開発調査報告書, 87.
22. 日本海洋学会・沿岸海洋研究部会編(1985)：日本全国沿岸海洋誌. 東海大学出版会.
23. (財)海中公園センター(1991)：平成2年度海岸・海域環境保全調査概要報告書
24. 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所(1971)：東京湾口の気象と海象（第3報）.
25. 運輸省港湾技術研究所(1983, 1984)：東京湾口における水質汚染実態調査（その1、その2）
26. 宇田道隆(1937)：「ぶり」漁期に於ける相模湾の海況及び気象と漁況との関係. 水産試験場報告, 8, 1-50.
27. 木村喜之助(1940)：相模湾の海況と「ぶり」漁況. 水産試験場報告, 10, 38-230.



28. 木村喜之助(1942): 沿岸の大急潮に就いて, 中央气象台彙報, 19, 1, 1-85.
29. 小泉政美・増沢譲太郎(1952): 相模湾定線海洋観測報告. 海洋報告, 2, 4, 29-37.
30. 宇田道隆(1953): 相模湾の急期とその予知について(第1報). 日本海洋学会誌, 19, 1, 15-22.
31. 宇田道隆・山本泰彦(1955): ブリ群の移動について. ていち, 3, 24-31.
32. HORIKOSHI M.(1957): Note on the Molluscan Fauna of Sagami Bay and Its Adjacent Waters. Science Report of the Yokohama National University, 2, 6, 37-64.
33. 川田憲次・岩田憲幸(1957): 相模湾の海潮流について. 水路要報, 53, 44-47.
34. 川田健二・新田 清・倉品昭二・島野次夫・星 五郎(1958): 小田和湾の海潮流調査報告. 海上保安庁水路部.
35. 吉田昭三(1961): 黒潮短期変動調査報告. 水路要報, 65, 1-18.
36. 小金井正一・堀越増興(1962): 東京湾口の海況—東京湾口の研究(昭和34年)—その3. Journal of the Oceanographical Society of Japan 20th Anniversary Volume.
37. HORIKOSHI M.(1962): Distribution of Benthic Organism and Their Remains at the Entrance of Tokyo Bay, in Relation to Submarine Topography, Sediments and Hydrography. Natural Science Report of the Ochanomizu University, 13, 2, 47-120.
38. 上原 進(1965): 相模湾の海況について. 水産海洋研究会報, 6, 94-100.
39. 石野 誠他(1967): 日本近海海流に関する水産海洋学的研究 I. 黒潮沿岸分枝流の接岸流入とそれに伴う漁業災害の一例. うみ: 日仏海洋学会誌, 5, 4, 18-24.
40. OKUTANI T.(1968): Systematics, Ecological Distribution and Palaeoecological Implication of Archibenthal and Abyssal Mollusca from Sagami Bay and Adjacent Areas. Journal of the Faculty of Tokyo, 2, 17, 1-98.
41. 木幡 孜(1969): 相模湾に於ける漁海況に関する研究Ⅱ, マアジ来遊群の分布型について. 神奈川県水試報告(昭. 43), 46-52.
42. 木幡 孜(1969): 相模湾に於ける漁海況に関する研究Ⅲ, 沿岸定地水温と漁獲量との関係について. 神奈川県水試報告(昭和. 43), 53-55.
43. 岡部 勝・大林恒四郎・岩田静夫・池田文雄(1971): 沿岸海洋調査報告. 神奈川県水試相模湾支所報告(昭和45年度事業報告), 15-23.
44. 岡部 勝・木幡 孜(1971): 相模湾奥部の海況. 神奈川県水試相模湾支所報告(昭和45年度事業報告), 3-14.
45. 木立 孝・木幡 孜(1971): 相模湾, 小八幡定置網漁場における連日採集のプランクトンについて. (株)小八幡漁場
46. 岩田静夫(1971): 相模湾海況. 水産海洋研究会報, 18, 32-44.
47. 岩田静夫(1972): 相模湾の海況. 水産海洋研究会報, 20, 51-62.

48. 大塚一志(1972): 日平均水面の変動からみた相模灘への黒潮分枝流の流入について. 水産海洋研究会報, 20, 1-12.
49. 平元泰輔(1972): 2月13, 14日に相模湾を襲った低気圧と急潮について. 神奈川県水試相模湾支所報(昭和46年度事業報告), 73-76.
50. 田村和夫・大林恒四郎・岩田静夫(1973): 相模湾および周辺海域の定地水温の地域性. 神奈川県水試相模湾支所報(昭和47年度事業報告), 51-54.
51. 岩田静夫(1973): 相模湾の海洋調査報告(I). 水産海洋研究会報, 22, 81-96.
52. 岡崎守良(1974): 相模灘の底層流について(要約). 水産海洋研究会報, 25, 31-33.
53. 田村和夫・大林恒四郎(1974): 相模湾奥部の海況. 相模湾支所報告, 6, 65-73.
54. 松山優治・寺本俊彦・前田明夫(1974): 相模湾沿岸における異常高潮位と湾の温度場及び塩分場との関係. 日仏海洋学会誌, 12, 86-94.
55. 木幡 孜・岩田静夫・小金井正一(1975): 相模湾産重要魚類の生態-VIIの1, 1975年3月下旬-4月上旬にみられたマイワシの漁況と海況. 神奈川県水試相模湾支所報, 7, 47-50.
56. 岩田静夫(1976): 相模湾における中層の塩分極小水の分布と変動特性について. 神奈川県水試資料, 123.
57. 岩田静夫(1976): 相模湾をモデルとした海洋調査の考え方. 水産海洋研究会報, 29, 86-90.
58. 宇野木早苗・岸野元彰(1977): 東京湾の平均的海況と海水交流. 理化学研究所海洋物理研究室技術報告, 1.
59. 松山優治・岩田静夫(1977): 相模湾の急潮について(1), 1975年に起こった急潮. 水産海洋研究会報, 30, 1-7.
60. 木幡 孜・岩田静夫・山本浩一(1977): 相模湾における漁況と海況, 黒潮及び房総沿岸低温水の動きとブリ成魚の来遊現象. 水産海洋研究会報, 30, 61-64.
61. HOGETU K., M. HATANAKA, T. HANAOKA & T. KAWAMURA(1977): Jibp Synthesis Volume 14 - Productivity of Biocenoses in Coastal Regions of Japan, Japanese Committee for the International Biological Program. University of Tokyo Press.
62. 平 啓介・寺本俊彦・竹内謙介・北川庄司(1977): 海水の交流交換とそれに伴う物質変化ー沿岸域における海水の循環の研究. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和51年度研究経過報告, 1-10, 東京大学海洋研究所.
63. 中田英昭・永江英雄・蓮沼啓一・平野敏行(1977): 海水の交流交換とそれに伴う物質変化ー相模湾表層における流動. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和51年度研究経過報告, 28-38, 東京大学海洋研究所.

64. 平野敏行・連沼啓一・永江英雄・稲垣 正・早川康博(1977): 海水の交流交換とそれに伴う物質変化—小田和湾における海洋環境調査. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和51年度研究経過報告, 39-45, 東京大学海洋研究所.
65. 木幡 孜・岩田静夫・山本浩一(1977): 相模湾産重要魚類の生態-VIIの2, 黒潮および房総沿岸低温水の動きとブリ成魚の来遊現象, 神奈川県水試相模湾支所報告, 8, 35-46.
66. 岩田静夫(1978): 相模湾の海洋学. 水産海洋研究会報, 32, 82-89.
67. 平 啓介・寺本俊彦(1978): 海水の交流交換とそれに伴う物質変化—相模湾大島西水道の流量—. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和52年度研究経過報告, 1-6, 東京大学海洋研究所.
68. 連沼啓一・平野敏行・永江英雄(1978): 海水の交流交換とそれに伴う物質変化—相模湾の海水交換機構—. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和52年度研究経過報告, 7-16, 東京大学海洋研究所.
69. 中田英昭・平野敏行(1978): 海水の交流交換とそれに伴う物質変化—相模湾表層における流動—. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和52年度研究経過報告, 17-23, 東京大学海洋研究所.
70. 早川康博(1978): 相模川河口および相模湾沿岸環境調査から. 水産海洋研究会報, 34, 86-91.
71. TAIRA K. et al(1978): Currents Measurements with Surface and Subsurface Drifters. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 34, 2, 73-77.
72. 宇野木早苗・岡崎守良・長島秀樹(1979): 初冬における東京湾の循環流と海況—1978年11月～12月の係留観測に基づく解析—. 理化学研究所海洋物理研究室技術報告, 3.
73. 平野敏行・連沼啓一・中田英昭・永江英雄・山浦君子(1979): 海水の交流交換とそれに伴う物質変化—相模湾の海水交換機構—. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和53年度研究経過報告, 6-13, 東京大学海洋研究所.
74. 岩田静夫(1979): 平均場からみた相模湾の海況. 相模湾資源環境調査報告書Ⅱ, 15-26, 神奈川県水試・神奈川県水試相模湾支所.
75. 岩田静夫(1979): 相模湾における表層水の季節変化. 相模湾資源環境調査報告書Ⅱ, 27-34, 神奈川県水試・神奈川県水試相模湾支所.
76. 岩田静夫(1979): 相模湾の急潮について, 定地水温の変化からみたパターン分け. 相模湾資源環境調査報告書Ⅱ, 35-40, 神奈川県水試・神奈川県水試相模湾支所.
77. 宇野木早苗・岡崎守良・長島秀樹(1980): 東京湾海洋構造調査報告書(第五報)—東京湾における長期係留観測—. 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所.
78. YAMAGATA T.(1980): A Theory for Propagation of an Oceanic Warm Front

- with Application to Sagami Bay. *Tellus*, 32, 73-76.
79. 松山優治・岩田静夫・細田昌広(1980): 相模湾における流れの観測. 沿岸海洋研究ノート, 18, 1, 9-17.
  80. 岩田静夫・細田昌広・松山優治(1980): 相模湾沿岸の流れの変動について－I. 神奈川県水試研報, 1, 61-71.
  81. 宮沢公雄他(1980): 黒潮の流軸移動が相模灘周辺域の海況に及ぼす影響. 水産海洋研究会報, 37, 1-6.
  82. 原口明郎・岩田静夫(1981): 総合研究報告 相模湾の環境評価. 環境部会共同研究報告書, 1, 13-15, 神奈川県試験研究連絡協議会環境部会.
  83. 岩田静夫(1981): 相模湾の短期の海況変化-急潮について-. 水産土木, 18, 1, 65-69.
  84. 寺本俊彦・平 啓介(1981): 沿岸海域の物理, 化学的動態に関するモデルの研究－相模湾の流れと周辺域の海況－. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和50-55年度研究経過総合報告, 1-16, 東京大学海洋研究所.
  85. 平野敏行・蓮沼啓一・中田英昭・永江英雄・松尾君子(1981): 沿岸海域の物理, 化学的動態に関するモデルの研究－相模湾の海水交換機構－. 沿岸海域の利用, 保全のためのモデリングに関する研究 昭和50-55年度研究経過総合報告, 17-28, 東京大学海洋研究所.
  86. M. K. ANTONY(1981): Wind Effect Short Term Biological Accumulation near Coastal Boundaries as Inferred from Thermal Response to Wind Forcings. Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.
  87. 木幡 孜・亀井正法(1981): 大冷水塊消滅に伴う特異海況と相模湾における珍種の漁獲記録. 水産海洋研究会報, 39, 128-130.
  88. 岩田静夫他(1982): 相模湾沿岸の流れの変動について－II. 神奈川県水試研報, 4, 43-48.
  89. 蓮沼啓一・中田英昭・永江英雄・平野敏行(1983): 相模湾の表層循環系とその変動. 1983年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 117-118.
  90. 岩田静夫(1983): 相模湾の海況について. 水産海洋研究会報, 34, 134-137.
  91. 岩田静夫(1984): 相模湾の流動特性. 水産海洋研究会報, 47・48, 100-101.
  92. 蓮沼啓一(1984): 相模湾奥部の流れの特徴. 水産海洋研究会報, 45, 83-85.
  93. 松山優治・岩田静夫・(1985): 相模湾城ヶ島沖の陸棚上で観測された半日周期の内部波. 東京水産大学研報.
  94. IWATA S.(1985): Studies on the Short-Term Variations of Oceanic Conditions in Sagami Bay. Doctoral Dissertation, University of Tokyo.(in Japanese)
  95. MATSUYAMA M. & S. IWATA(1985): Current Circulation in Sagami Bay and Kuroshio Influence on it. *Marine Sciences*, 17, 603-606.(in Japanese).
  96. 松山優治・岩田静夫(1985): 相模湾の潮汐流. 1985年度日本海洋学会秋季大

会講演要旨集, 98-99.

97. 岩田 静夫(1986): 相模湾の海況の短期変動に関する研究. 神奈川県水試論文集, 3, 1-64.
98. KAWABE M. (1986): Transition Processes between the Three Typical Paths of the Kuroshio. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 42, 174-191.
99. TAIRA, K. & T. TERAMOTO (1986): Path and Volume Transport of the Kuroshio Current in Sagami Bay and Their Relationship to Cold Water Masses near Izu Peninsula. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 42, 212-223.
100. 松山 優治・岩田 静夫(1986): 相模湾の流動とそれに及ぼす黒潮. 海洋科学, 19, 470-477.
101. KAWABE M., M. YONEO(1987): Water and Flow Variations in Sagami Bay under the Influence of the Kuroshio Path. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 43, 283-294.
102. 小田 卷 実・岡 克二郎・蔵野 隆夫(1987): 相模湾の沿岸流について(1). 水路部技報, 5, 40-49.
103. 岩田 静夫・木幡 孜(1987): 相模湾と海況と漁況. 水産海洋環境論(杉本他編), 恒星社厚生閣, 91-106.
104. 岩田 静夫(1987): 相模湾の海況—相模湾の流れと黒潮変動—. かながわの自然, 49, 6-10.
105. 松山 優治(1988): 駿河湾及び相模湾の循環流と潮流. 沿岸海洋研究ノート, 26, 1, 21-32.
106. 松山 優治・平元 泰輔・岩田 静夫(1988): 1986年夏季に相模湾奥部で観測された鉛直水温構造の時間変化. 日本水産学会誌, 54, 1589-1593.
107. IWATA S. & M. MATSUYAMA(1989): Surface Circulation in Sagami Bay: the Response to Variations of the Kuroshio Axis. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 45, 310-320.
108. KAWABE M.(1989): Sea Level Changes South of Japan Associated with the Non-Large-Meander Path of the Kuroshio. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 45, 181-189.
109. NAKATA H., K. HASUNUMA & T. HIRANO(1989): Distribution of Sardine Eggs and Larvae Related to the Surface Circulation in Sagami Bay. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 45, 1, 11-23.
110. YANAGI T., H. TAMURA, T. ISHIMARU and T. SAINO(1989): Intermittent Outflow of High-turbidity Bottom Water from Tokyo Bay in Summer. Limnology and Oceanography, 34, 27, 34-40.
111. YANAGI T., A. ISOBE, T. SAINO and T. ISHIMARU(1989): Thermohaline Front at the Mouth of Tokyo Bay in Winter. Continental Shelf Research, 9, 77-91.

112. 岩田 静夫・松山 優治・前田明夫(1990): 相模湾の急潮(2), 神奈川県水試報, 11, 11-15.
113. 小田 卷 実(1991): 海底環境の一つとしての相模湾の海流. 月刊「海洋」, 23, 7, 418-423.
114. OHWAKI A., M. MATSUYAMA & S. IWATA(1991): Evidence for Predominance of Internal Tidal Currents in Sagami and Suruga Bays. J. Oceanogr. Soc. Japan, 47, 194-206.
115. 岩田 静夫(1991): 相模湾の海況. かながわの自然, 53, 1-5.
116. 松山 優治・岩田 静夫・前田明夫・鈴木 亨(1992): 相模湾の急潮. 沿岸海洋研究ノート, 30, 4-15.
117. 秋 孝尚・杉本隆成(1992): 相模湾の循環流に関する実験的研究(I)－回転系順圧流体模型における循環流パターンのレイノルズ数, ロスビー数依存性－. 沿岸海洋研究ノート, 29, 179-189.
118. 秋 孝尚(1992): 相模湾の循環系とその変動機構に関する研究. 東京大学博士論文.
119. 杉本隆成・秋 孝尚・古島靖夫・森永健司・永江英雄(1992): 黒潮C型期の相模湾の流況. 日本海洋学会春季大会講演要旨集.
120. 宇野木早苗(1993): 沿岸の海洋物理学. 東海大学出版会.
121. 木幡 孜(1993): 相模湾内における水平方向の海況変動とこれらの変動による1975-1980年の時間区分. 神奈川県水試研報, 14, 7-15.
122. 岩田 静夫・山田佳昭(1993): 瀬の海漁場の環境. 水産海洋研究, 57, 3, 239-243.
123. 岩田 静夫・石戸谷博範(1994): 1994年1月9日に相模湾西部を襲った急潮, 水試情報 1994, 3, 6-7, 神奈川県水試広報委員会.
124. 岩田 静夫・石戸谷博範(1994): 1994年に1月9日に起こった急潮現象と定置網の挙動, 第18回「相模湾の環境保全と水産振興」シンポジウム講演要旨集, 1-7.
125. 北出裕次郎・松山 優治・永松 宏・岩田 静夫(1994): 相模湾の水温急変現象－1983年8月の観測を例として－. 海洋, 26, 11, 720-726.
126. 古島靖夫・杉本隆成(1994): 相模湾の流況変動と沿岸水の流出－黒潮系沖合水の変動に伴う相模湾への東京湾系水の張り出し－. 海洋, 26, 11, 708-715.
127. 辻 祥子: 日令を指標とした相模湾におけるカタクチイワシ稚仔のシラス漁場への加入機構の研究.
128. 北出裕二郎・松山 優治・岩田 静夫・石戸谷博範・清水顕太郎・渡部 勲(1995): 台風通過に伴う相模湾の水温・流速変動. 沿岸海洋研究ノート

(水質)

1. 気象庁(1947～): 気象庁海洋気象観測資料.
2. 海上保安庁水路部(1965～): 水路部観測報告(海洋編).
3. 神奈川県水試(1965～): 漁況海況予報事業結果報告書.

4. 神奈川県衛生部(1971~): 神奈川県の海水浴場における海水検査結果.
5. 神奈川県・横浜市・川崎市・横須賀市・藤沢市・相模原市(1972~): 公共用水域水質測定結果.
6. 神奈川県(1972~): 神奈川県水質調査年表.
7. 神奈川県水産課(1957): 神奈川県沿岸漁場調査報告書 Vol.4.
8. 神奈川県水試(1966): 昭和40年度 相模川河口域水質汚濁調査 No.1.
9. 神奈川県水試(1969): 酒匂川河川水の海域における拡散形態調査.
10. 神奈川県企業庁(1971): 河川取水に伴う沿岸漁業環境調査報告書.
11. 神奈川県農政部自然保護課(1974): 干潟生物の生息状況調査報告書.
12. 神奈川県水試・神奈川県水試相模湾支所(1979): 相模湾資源環境調査報告書-I (総括).
13. 神奈川県相模湾水質調査委員会(1980): 相模湾類型指定調査報告書(水質及び流動調査結果). 神奈川県環境部.
14. 神奈川県公害センター(1985): 江の島における富栄養化機構に関する研究. 神奈川県公害センター年報, 17.
15. 神奈川県水試(1992): 瀬の海漁場資源生態等調査報告書.
16. 平塚市(1975.4-1976.3): 水質汚濁の状況. 公害情報, 35-66.
17. 逗子市(1988): 昭和63年度 築いそ事業効果調査(小坪魚港沖合)報告書.
18. 逗子市(1992): 平成3年度 漁場環境調査報告書.
19. 土木学会・相模川河口調査委員会(1966): 相模川河口調査報告書(昭和40年度).
20. (財)相模湾水産振興事業団・相模湾漁業公害対策協議会(1977): 相模川河口域環境調査報告書. (財)相模湾水産振興事業団.
21. かながわの海. かながわの海研究チーム(1990): かながわの海. 平成元年度研究チームA報告書, 神奈川県自治総合研究センター.
22. (財)海中公園センター(1991): 平成2年度 海岸・海域環境保全調査概要報告書
23. 宇田道隆(1937): 「ぶり」漁期に於ける相模湾の海況及び気象と漁況との関係. 水産試験場報告, 8, 1-50.
24. 小金井正一・矢沢敬三・沖野哲昭・池田文雄・沼田 武(1967): 養殖漁場環境調査(小網代湾・小田和湾ハマチ養殖漁場について) No.1. 神奈川県水試.
25. 原口明郎・矢沢敬三・沖野哲昭・池田文雄(1968): 中村川河川水の海域におよぼす影響について. 神奈川県水試.
26. 平野敏行(1969): 河川取水に伴う沿岸漁業環境調査報告書. 神奈川県農政部水産課.
27. 原口明郎・下里武次(1971): 金田湾漁場環境調査. 神奈川県水試資料, 184.
28. 小倉紀雄・鎌谷明善・中本信忠・船越直樹・岩田静夫(1975): 相模湾海水中の溶存有機炭素濃度の変動(1971-1972). 日本海洋学会誌, 31, 43-47.
29. 矢沢敬三(1975): 東京湾漁場環境. 神奈川県水試 昭和49年度業務概要, 神奈川県水試資料, 234.
30. 池田文雄他(1975-1979): 漁況海況予報事業調査報告書. 神奈川県水試資料,

233, 244, 252, 260, 265.

31. 秋山章夫(1977): 相模川河口干潟の水質・底質と底生動物相. 自然と文化, 1, 31-51.
32. HOGETU K., M. HATANAKA, T. HANAOKA & T. KAWAMURA(1977): Jibp Synthesis Vol.14 - Productivity of Biocenoses in Coastal Regions of Japan. Japanese Committee for the International Biological Program. University of Tokyo Press.
33. 早川康博・平野敏行(1978): 相模湾河口環境調査. 水産海洋研究会報, 32, 92-100.
34. 早川康博(1978): 相模川河口および相模湾沿岸環境調査から. 水産海洋研究会報, 34, 86-91.
35. 池田文雄(1979): COD・栄養塩類からみた相模湾の海域特性について. 季節変化, 経年変化. 相模湾資源環境調査報告書Ⅱ, 59-62, 神奈川県水試・神奈川県水試相模湾支所.
36. 矢沢敬三(1979): 神奈川県沿岸域に添加される陸上からの汚濁指標成分の動向について. 相模湾資源環境調査報告書Ⅱ, 49-57, 神奈川県水試・神奈川県水試相模湾支所.
37. 岡部史郎・福井 深(1981): 沿岸水域の環境保全と海水の取水排水設備について Ⅱ 各論1 日本沿岸水域における栄養塩分布の現状. 日本海水学会誌, 35, 4, 196-210.
38. 田中克彦(1981): 相模湾の水質. 神奈川県試験連絡協議会環境部会共同研究報告, 6, 64-69.
39. 原口明郎・岩田静夫(1981): 相模湾の環境評価. 環境部会共同研究報告書, 1, 13-15, 神奈川県試験研究連絡協議会環境部会.
40. 原口明郎・岩田静夫(1981): 総合研究報告 相模湾の環境評価. 環境部会共同研究報告書, 1, 32-48. 神奈川県試験研究連絡協議会環境部会.
41. 原口明郎(1982): 東京湾口～相模湾における海況・水質・底生生物の推移. 水産海洋研究会報, 43, 81-85.
42. 運輸省港湾技術研究所(1983, 1984): 東京湾口における水質汚染実態調査(その1、その2).
43. 原口明郎(1986): 相模川流域下水道影響調査について. 水産海洋研究会報, 51, 3, 264-271.
44. 早川康博(1986): 河川と沿岸域の水質の最近の動向について. 水産海洋研究会報, 50, 3, 216-218.
45. 矢沢敬三・池田文雄・水津敏博・笠原定夫(1986): 江奈湾に於ける栄養塩類の分布の特徴, 神奈川県水試研報, 8, 31-40.
46. 松川康夫(1986): 干潟の意外な役割. 東海区水産研究所業績C集 さかな第36号別刷, 2-8.
47. 日本パブリシティ(1986): 公害VOL. 21, N04 曳航装置(BATFISH)による海洋表層の水温、塩分、クロロフィルの空間分布の測定.



48. 文部省「環境科学」特別研究「環境動態領域」研究班(1986): 陸域起源物質の沿岸海域への以降過程の評価. 「環境科学」研究報告集, B-249-R14-3.
49. 斉藤和久・秋津孝夫・岡村和雄・平野浩二(1987): 相模湾沿岸域における富栄養化の実態について. 1987年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 226-227.
50. 矢沢敬三・池田文雄・水津敏博・笠原定夫(1987): 江奈湾に於ける栄養塩類の分布の特徴. 神奈川県水試研報, 8, 31-39.
51. 原口明郎(1987): 相模川流域下水道影響調査について. 水産海洋研究会報, 51, 3, 264-271.
52. 原口明郎(1988): 葉山一鎌倉地先漁場環境調査. 神奈川県水試研報, 9, 9-19.
53. 吉見 洋(1989): 相模湾における水質類似性の季節変化. 水質汚濁学会講演集, 23, 273-274.
54. Pergamon Press(1989): Thermohaline front at the Mouth of Tokyo Bay in Winter. Continental Shelf Research, 9, 1, 77-91.
55. (財)電力中央研究所我孫子研究所水理部(1989): 溶存酸素の生産・消費に関する水質分析.
56. 古島靖夫・平野敏行(1990): 相模湾沿岸域の水質環境特性に関する研究. 平成2年度東海大学大学院修士論文.
57. 平野敏行(1991): 相模湾の海と環境保全. 水産海洋研究, 55, 115-119.
58. 山田佳昭・岩田静夫(1991): 相模湾の最近の海洋環境の変化傾向. 水産海洋研究, 56, 3, 323-327.
59. 斉藤和久(1992): 相模湾沿岸域・河口域の水質変化. 水産海洋研究, 56, 3, 328-334.
60. 田中克彦(1993): 相模湾及び相模湾に流入する河川の水質汚濁状況について. 水産海洋研究, 57, 3, 249-255.
61. 鎌谷明善(1994): 相模湾海域における栄養塩類について. 平成5年度文部省国際共同研究経費大学等における地球圏-生物圏国際共同研究計画成果報告書. 49-53.
62. 鎌谷明善・辻 久恵・山田佳昭(1994): 相模湾海域における栄養塩類について. 第18回「相模湾の環境 保全と水産振興」シンポジウム講演要旨集, 11-21.
63. 古島靖夫・杉本隆成(1994): 相模湾上層の水質に対する東京湾系水の影響. 第18回「相模湾の環境保全と水産振興」シンポジウム講演要旨集, 22-24.
64. 古島靖夫・杉本隆成(1994): 相模湾の流況変動と沿岸水の流出一黒潮系沖合水の変動に伴う相模湾への東京湾系水の張り出し. 海洋, 26, 11, 708-715.
65. 古島靖夫・平野敏行・杉本隆成(1994): 相模湾沿岸域の水質に影響を及ぼす河川系水の負荷について. 水産海洋研究, 58, 4, 243-252.
66. 斉藤和久・渡部 勲・岩田静夫(1995): 1991年夏季に平塚沖で観測された水質の経時変化. 水産海洋研究, 59, 3, 251-255.